

Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw



Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw

P.X. Smit

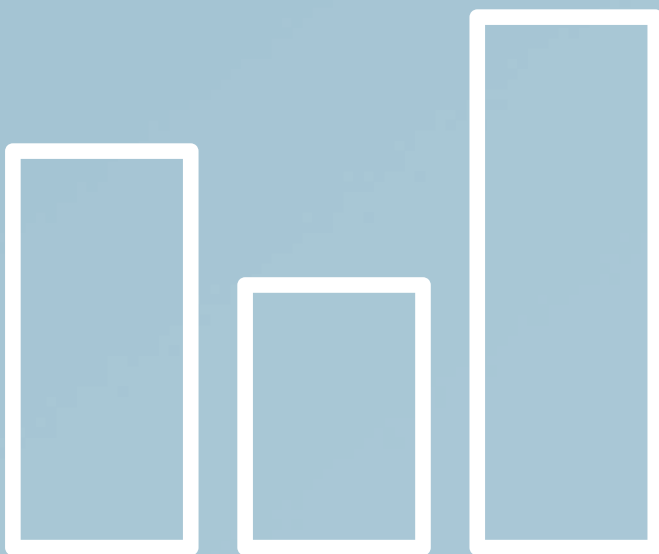
N.J.A. van der Velden

Projectcode 4062200

Mei 2008

Rapport 2008-019

LEI, Den Haag



Het LEI kent de werkvelden:

-  Internationaal beleid
-  Ontwikkelingsvraagstukken
-  Consumenten en ketens
-  Sectoren en bedrijven
-  Milieu, natuur en landschap
-  Rurale economie en ruimtegebruik

Dit rapport maakt deel uit van het werkveld Sectoren en bedrijven.

Energiebenutting Warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse Glastuinbouw

Smit, P.X. en N.J.A. van der Velden

Rapport 2008-019

ISBN/EAN 978-90-8615-228-5

Prijs € 15 (inclusief 6% btw)

57 p., fig., tab., bijl.

De Nederlandse glastuinbouw wil de energievraag zo efficiënt en duurzaam mogelijk invullen. Een van de mogelijkheden is decentrale warmtekrachtkoppeling (wkk). Deze techniek van het gecombineerd produceren van elektriciteit en warmte uit aardgas heeft door diverse ontwikkelingen een grote vlucht genomen; en hiermee heeft wkk een prominente plaats in het energiebeheer van de Nederlandse glastuinbouw. Om de energie-efficiëntie van wkk te beoordelen is inzicht nodig in de benutting van de geproduceerde energie. In dit onderzoek is een conceptueel raamwerk en een energiebalans opgesteld voor wkk in de Nederlandse glastuinbouw. De energiebenutting komt medio 2006 uit op ruim 98%, de toepassing van benutbare warmte ligt op ruim 96%.

Dutch horticulture is searching for ways of more efficient and sustainable energy use. One of the possibilities to achieve this is decentral combined heat and power plants (chp). This technique combines production of electricity and heat from natural gas. As a result of several developments the total power of the combined facilities has risen; with this chp has claimed an important place in the total energy balance of Dutch horticulture. To evaluate energy efficiency insight is wanted in the application of produced energy. In order to get an energy balance and answer research questions a conceptual framework has been developed and an energy balance for chp in Dutch horticulture has been made. The energy application of the produced energy (mid 2006) is more than 98%, the application of the produced heat has been valued to 96%.

Bestellingen

Telefoon: 070-3358330

E-mail: publicatie.lei@wur.nl

© LEI, 2008

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding



Het LEI is ISO 9000 gecertificeerd.

Inhoud

	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
	Summary	11
1	Inleiding	13
	1.1 Glastuinbouw en energie	13
	1.2 Warmtekrachtkoppeling en gasmotoren op glastuinbouwbedrijven	13
	1.3 Probleemstelling en doelstelling	14
	1.4 Onderzoeksvragen, beoogd resultaat en afbakening	15
	1.5 Werkwijze	16
	1.6 Leeswijzer	17
2	Energietoepassing warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouw	18
	2.1 Glastuinbouw en warmtekrachtkoppeling	18
	2.2 Warmtekrachtkoppeling en rendement	21
	2.3 Toepassingsvarianten	25
	2.4 Factoren van invloed op energiebenutting warmtekrachtkoppeling	28
	2.5 Toetsing	34
	2.6 Conceptueel raamwerk	36
	2.7 Uitgangspunten	38

3	Resultaten	40
3.1	Prognose energiebalansen warmtekrachtkoppeling glastuinbouw	40
3.2	Prognose benuttingbalansen warmtekrachtkoppeling glastuinbouw	41
3.3	Behandeling onderzoeksvragen	44
4	Conclusie	47
4.1	Conclusies	47
4.2	Discussie, kennis- en gegevenshieten, aanbevelingen en vervolgstappen	48
	Eenheden en definities	50
	Literatuur	52
	Bijlagen	54
1	Voorbeeld inzet van WKK	54
2	Energiebalansen met voorlopige cijfers begin 2008	55
3	Toelichting energiemarkt	59

Woord vooraf

De Nederlandse glastuinbouw is een energie-intensieve sector en levert een grote verscheidenheid aan producten. Gedreven door maatschappelijke discussie over energiegebruik en bedrijfseconomische aspecten werkt de sector aan een efficiënte inzet van energie.

De overheid is met de sector in dialoog en stimuleert efficiënter energiegebruik door middel van afspraken en financiële prikkels. De beoogde effecten worden benoemd en gekwantificeerd in de programma's Kas als Energiebron en het beleid Schoon & Zuinig. Dit is onder andere gebeurd ten aanzien van vermindering van het gebruik van primaire energie per eenheid product en minder CO₂-emissie voor de teelt door de sector.

Een sectorbreed veel toegepaste techniek is warmtekrachtkoppeling (wkk). Met deze techniek zetten ondernemers aardgas efficiënt om in zowel warmte, elektriciteit als CO₂ voor de groei van gewassen of verkoop aan derden.

Omdat het totale wkk-vermogen de laatste jaren sterk is gegroeid, neemt wkk een belangrijke plaats in op de energiebalans van de glastuinbouw. De sector is door fors gestegen levering aan derden sinds 2006 netto elektriciteitsproducent. Deze ontwikkeling heeft geleid tot vragen van de overheid over de toepassing van warmtekrachtkoppeling en de benutting van de energiestromen.

Het LEI is gevraagd om onderzoek te doen naar de benutting van energie uit warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw en om enkele hieraan gerelateerde vragen te beantwoorden.

Het onderzoek vond plaats in opdracht van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), het ministerie van Economische zaken (EZ) en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Een commissie met vertegenwoordigers van deze ministeries (VROM: dhr. Bussemaker, EZ: dhr. Vermeer en LNV: dhr. Plantinga), Agro AdviesBuro (dhr. Hanemaaijer), Energieonderzoek Centrum Nederland (dhr. Wetzels), LTO Noord Glaskracht (dhr. Van der Valk), Productschap Tuinbouw (dhr. Smits) en SenterNovem (dhr. Maassen), heeft het onderzoek begeleid.

Dit rapport is primair bestemd voor beleidsmedewerkers en belangstellenden die betrokken zijn bij glastuinbouw en warmtekrachtkoppeling.

Een woord van dank is verschuldigd aan ieder die medewerking heeft verleend aan en informatie heeft versterkt voor dit onderzoek. Dit zijn op de eerste plaats glastuinbouwbedrijven en leveranciers van installaties, energie en energiediensten. Ten slotte bedanken wij de begeleidingscommissie voor hun bijdrage aan dit onderzoek. Zonder deze brede medewerking had dit onderzoek niet kunnen plaatsvinden.

Het onderzoek is uitgevoerd door Pepijn Smit (projectleiding), Nico van der Velden en Ruud van der Meer.



Prof. dr. ir. R.B.M. Huirne
Algemeen directeur LEI

Samenvatting

De Nederlandse glastuinbouw wil de energievraag zo efficiënt en duurzaam mogelijk invullen. Een van de mogelijkheden is decentrale warmtekrachtkoppeling (wkk).

Deze techniek van het gecombineerd produceren van elektriciteit en warmte uit aardgas is in de glastuinbouw als gevolg van diverse ontwikkelingen gegroeid naar een totaal elektrisch vermogen van 1.650 MW_{el} in 2006 naar ruim boven de 2.000 MW_{el} in 2008. Gezamenlijk is dit gelijk aan het vermogen van circa drie tot vier grote elektriciteitscentrales in Nederland.

Door de snelle groei en de prominente plaats van wkk op de energiebalans is inzicht gewenst in de bijdrage aan milieudoelstellingen. Daarvoor is vooral de benutting van de geproduceerde energiestromen van belang. Hierover doen uiteenlopende verhalen de ronde; empirische informatie is tot nog toe niet beschikbaar, dit is de reden waarom dit onderzoek is uitgevoerd.

Om inzicht in de energiebenutting en antwoord op onderzoeksvragen te krijgen is een raamwerk ontwikkeld dat de energievolumes combineert met factoren die de benutting beïnvloeden. De structuur van het raamwerk is gebaseerd op de toepassingskarakteristieken van wkk bij negen verschillende gewasgroepen, dekkend voor wkk-toepassing in de glastuinbouw.

De benuttingfactoren zijn afgeleid van de geïnstalleerde techniek en van de economische en organisatorische afwegingen van de glastuinbouwbedrijven met warmtekrachtkoppeling.

Het raamwerk is ingevuld met behulp van kwantitatieve gegevens en informatie van deskundigen en ondernemers met warmtekrachtkoppeling.

Warmtekrachtkoppeling wordt in de glastuinbouw toegepast in veel verschillende opstellingen. Een grove indeling kan gemaakt worden in het al dan niet in eigen beheer hebben van de installatie door de glastuinbouwonderneming en het al dan niet gekoppeld zijn van de installatie aan het openbaar elektriciteitsnet voor teruglevering. Veruit de meest toegepaste variant is wkk in eigen beheer, gekoppeld aan het net (netparallel).

Overige variaties hebben betrekking op wel of niet belichten, wel of geen reiniging van rookgassen en de strategie voor afstemming op de energiemarkt.

Voor warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouw is een energiebalans opgesteld op basis van de installaties die medio 2006 in bedrijf waren. Het gezamenlijke park gebruikte in 2006 circa 1,8 miljard m³ aardgas en produceerde hiermee ongeveer 6,5

miljard kiloWattuur elektriciteit en 0,9 miljard aardgasequivalenten warmte.

De energiebenutting hiervan was ruim 98%, de toepassing van benutbare warmte kwam uit op 96%. Voor 2008 is een voorlopige energiebalans opgesteld en de benutting ingeschat. Hieruit blijkt een overeenkomstige energiebenutting.

De glastuinbouw heeft goede toepassingsmogelijkheden om vraag en aanbod van warmte optimaal af te stemmen, zoals tijdelijke opslag in warmwateropslagtanks en laagwaardige verwarmingsystemen.

Er kunnen specifieke momenten bestaan dat het afzetten van laagwaardige warmte niet mogelijk is. Sommige bedrijven hebben een tafelkoeler ter beschikking om het deel van de laagwaardige warmte af te kunnen blazen, zodat de wkk geen technische schade oploopt en afname (of opslag) van hoogwaardige warmte en afzet van elektriciteit mogelijk blijft.

De hoge warmtebenutting is ook bedrijfseconomisch te verklaren: zonder warmtebenutting is wkk in de glastuinbouw niet rendabel.

Niet nuttig toegepaste warmte is het gevolg van 7 factoren. De 3 voornaamste factoren zijn: afstemmingsproblemen met het productieproces, hoog relatief vermogen en inpassing van laagwaardige warmte (in tegenstelling tot hoogwaardige warmte dat goed opgeslagen kan worden).

Summary

Energy application. Combined heat and power in Dutch horticulture

Dutch horticulture is searching for more efficient and sustainable ways of meeting energy requirements. One way of achieving this is through decentralised combined heat and power plants (CHP).

This technique combines the production of electricity and heat from natural gas. Through various developments, the total power of the combined facilities in Dutch horticulture had already exceeded 2,000 MW_{el} by the start of the year 2008. This is roughly equivalent to three to four electricity plants in the Netherlands.

As a result of this prominent position in the total energy balance of Dutch horticulture, insight is required into its contribution to meeting environmental targets. The application of the produced energy is important for this insight. There are many different opinions on this. This study was commissioned as no empirical data was yet available.

In order to gain insight into energy consumption and to answer research questions, a conceptual framework has been developed that combines energy flows with factors influencing energy application. The structure of this framework is based on application techniques relating to CHP in nine different crop groups covering all CHP usage within the greenhouse horticultural sector.

The application factors have been derived from installed technology, economic and organisational considerations at horticultural enterprises that use combined heat and power plants.

The framework has been filled out with quantitative data and information from experts and entrepreneurs using combined heat and power plants.

Combined heat and power plants are used in several configurations within greenhouse horticulture. A rough classification can be made on the basis of whether or not a greenhouse horticultural holding operates a CHP itself and whether or not it also supplies to the national grid.

The variant that is most often applied is a CHP operated by the horticultural enterprise itself that is also connected to the national grid.

All other variations are related to the use of assimilation lighting, the cleaning of flue gas or strategies towards harmonisation with the energy market.

An energy balance sheet has been made for all the combined heat and power plants operational by the middle of the year 2006. In total, they consumed approximately 1.8 billion cubic metres of natural gas, producing 6.5 billion kWh of electricity and 0.9 billion

units of natural gas equivalents of heat. The energy application of the produced energy was more than 98%, while the application of useable heat was 96%.

A provisional energy balance sheet has been drawn up for 2008, and consumption has been estimated. This revealed a comparable level of use.

Dutch greenhouse horticulture has good opportunities to harmonise the supply and demand of energy, for instance through temporary storage in hot water storage tanks and low-temperature heating.

There may be certain times when the application or storage of low-temperature heat is not possible. Some enterprises have a small-capacity cooler at their disposal, with which they can cool the low-temperature engine circuits in order to prevent technical damage to the CHP. This way, the application of high-temperature heat is still possible, and electricity can still be produced.

The usage of warmth can also be explained from an economical point of view: CHP is not profitable within greenhouse horticulture without the usage of heat.

Unused heat is a result of seven factors. The three most important factors are: difficulties in harmonisation with the production process, the high relative capacity of the engine, and the distribution of low-temperature heat (in contrast with high-temperature heat, which is easier to store).



1.1 GLASTUINBOUW EN ENERGIE

Energie is voor de Nederlandse glastuinbouw een belangrijke productiefactor. De teelt onder glas vergt beheersing van het kasklimaat met inzet van energie.

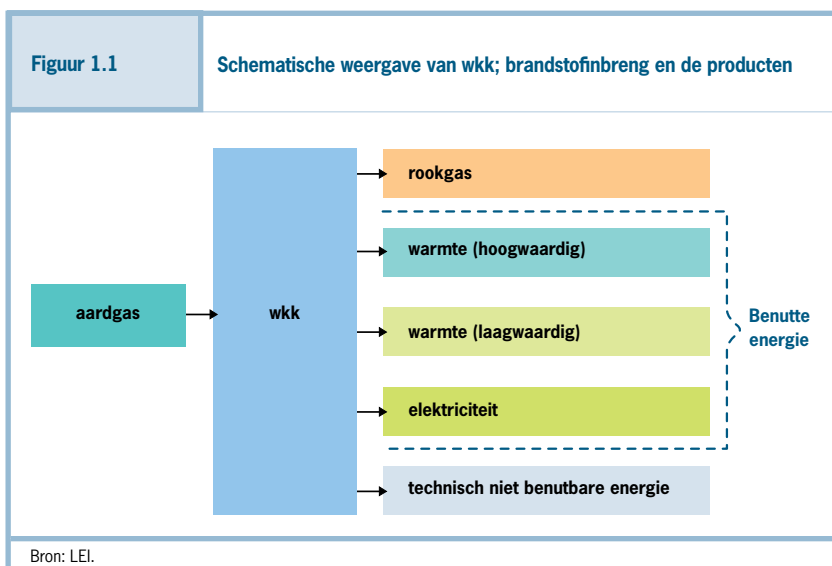
In de Nederlandse glastuinbouw vindt een voortdurende intensivering van de productie plaats (Bakker et al., 1998). Als gevolg daarvan blijft de energietoepassing niet beperkt tot verwarming. Bij een groot deel van de gewassen wordt CO₂ gedoseerd en/of groeilicht toegepast en heeft personeel plaatsgemaakt voor automatisering en mechanisatie. Een groeiend aantal bedrijven past koeling toe voor verdere productieoptimalisatie. Dit zijn stappen in het intensiveringproces. De ondernemers willen de energievraag zo efficiënt en duurzaam mogelijk invullen. Warmtekrachtkoppeling (wkk) is daarvoor één van de opties.

Door diverse ontwikkelingen is het totale vermogen van wkk in de glastuinbouw de afgelopen jaren sterk toegenomen en zijn er exploitatievormen bijgekomen. Anno 2008 komt het totale vermogen overeen met dat van 3 tot 4 grote elektriciteitscentrales in Nederland. Dit geeft wkk in de glastuinbouw een prominente positie in de Nederlandse energiehuishouding. Sinds 2006 is de glastuinbouw netto leverancier van elektriciteit (Van der Velden et al., 2007).

1.2 WARMTEKRACHTKOPPELING EN GASMOTOREN OP GLASTUINBOUWBEDRIJVEN

Als in de glastuinbouw wkk wordt toegepast, betreft het vrijwel uitsluitend de toepassing van gasmotoren op locatie. Bij de techniek van de gasmotor wordt energie uit de brandstof (aardgas) voor een deel omgezet in warmte en voor een deel in mechanische energie. Mechanische energie wordt via een generator omgezet in elektriciteit. De elektriciteit wordt door het bedrijf zelf aangewend of verkocht aan derden. In veel gevallen worden gereinigde rookgassen (CO₂) gebruikt voor de groei van het gewas.

De warmte komt op diverse plaatsen in de installatie vrij en wordt via warmtewisselaars overgedragen aan het verwarmingswater van het glastuinbouwbedrijf.



De beschikbare warmte bestaat uit hoogwaardige warmte (aanvoer 80°-90°C) en laagwaardige warmte (aanvoer 35°-50°C). De hoogwaardige warmte kan afkomstig zijn van de motor-, olie- en rookgaskoeling, de laagwaardige warmte van de turbokoeling en de rookgascondensor.

De afstemming op het energiebeheer van het glastuinbouwbedrijf vindt plaats door integratie van de aansturing van de gasmotor met de procesautomatisering van het kasklimaat.

Onder technisch niet benutbare energie wordt verstaan energie die technisch/economisch niet winbaar is. Dit zijn bijvoorbeeld trillingen, warmte in de rokgassen en stralingswarmte van het motorblok van de wkk-installatie.

1.3 PROBLEEMSTELLING EN DOELSTELLING

Vanwege de sterke groei en prominente plaats van wkk in de totale energiebalans van de glastuinbouw is inzicht gewenst in de bijdrage van wkk aan milieudoelstellingen zoals: verbetering van de energie-efficiëntie, beperking van de CO₂-emissie, de doelstellingen van het programma 'Kas als Energiebron' en het beleid 'Schoon en Zuinig' (onderdelen hieruit zijn 2% verbetering energie-efficiëntie per jaar, 20% duurzame energie en 30% reductie van de CO₂-emissie in 2020 ten opzichte van 1990). De bijdrage van warmtekrachtkoppeling aan deze milieudoelstellingen kan groot zijn, bij optimale energiebenutting.

Bij de uitvoering van dit onderzoek is het verkopen van elektriciteit uit eigen opwekking aan derden als nuttige aanwending verondersteld. Bij de benutting van energie uit warmtekrachtkoppeling speelt warmte een belangrijke rol. Hierover doen uiteenlopende verhalen de ronde; empirische informatie is tot nu toe niet beschikbaar en consensus ontbreekt. Dit onderzoek moet een eenduidig beeld opleveren van de energiebenutting van wkk in de Nederlandse glastuinbouw en van de factoren die hierop van invloed zijn.

1.4 ONDERZOEKSVRAGEN, BEOOGD RESULTAAT EN AFBAKENING

De onderzoeksvragen zijn:

- Wat zijn de toepassingsvarianten van wkk in de glastuinbouw;
- Wat zijn de globale energiebalansen van wkk in de glastuinbouw;
- Hoe wordt wkk-warmte op glastuinbouwbedrijven toegepast;
- Wat is rol van de actuele energiemarkt bij het gebruik van wkk;
- Welke technische, organisatorische en economische factoren bepalen de toepassingsvariant?

De beoogde resultaten zijn:

- een conceptueel raamwerk van de wkk-varianten in de Nederlandse glastuinbouw;
- een lijst van bepalende factoren afkomstig uit techniek, economie en organisatie;
- een benadering van het effect van die factoren op de energiebenutting.

Ook worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek in het kader van kennisontwikkeling rondom wkk en glastuinbouw.

Het resultaat geeft inzicht in de energiebalans van wkk in de glastuinbouw, zonder gebruikmaking van de resultaten van warmtemetingen in het veld. Het onderzoek richt zich niet op centrale wkk-projecten (restwarmtelevering) en beperkt zich tot decentraal geplaatste wkk-installaties (gasmotoren) met energietoepassing op glastuinbouwbedrijven of verkoop van energie aan derden. Hierbij inbegrepen zijn wkk's van derden zoals energiebedrijven. De keuze van de ondernemer om het bedrijf met de vrijgekomen energie te verwarmen voor het gewenste kasklimaat is geen onderwerp van onderzoek. De energievraag van glastuinbouwbedrijven wordt als gegeven beschouwd.

1.5 WERKWIJZE

Het onderzoek is uitgevoerd als bureaustudie, waarbij gebruik is gemaakt van de beschikbare gegevens, beschikbare kennis bij het LEI en inbreng van externe deskundigen op specifieke onderdelen. Het omvatte drie onderdelen:

1. opstellen van het conceptuele raamwerk 'Wkk in de Nederlandse glastuinbouw';
2. invulling en toetsing;
3. vaststelling energiebalansen en beantwoording onderzoeksvragen.

Conceptueel raamwerk

Als eerste is een raamwerk ontwikkeld met de decentrale wkk-varianten die in de Nederlandse glastuinbouw in gebruik zijn.

Binnen dit raamwerk zijn de voornaamste factoren benoemd (technisch, economisch en organisatorisch) die de energiebalans van wkk in de Nederlandse glastuinbouw bepalen. Zij vormen de bouwstenen voor het berekenen van de energiebalans.

Invulling conceptueel kader

Na het vaststellen van het raamwerk en de bepalende factoren zijn afzonderlijke bouwstenen ingevuld. Dit betreft onder andere vermogens, arealen en rendementen.

Hiermee zijn op sector- en subsectorniveau (vruchtgroente, snijbloemen, potplanten en uitgangsmateriaal) prognoses gemaakt van de energiebalans en de energiebenutting. Voor dit onderzoek zijn de subsectoren verdeeld in gewasgroepen. Dit is gedaan in verband met de beschikbaarheid van gegevens en de communiceerbaarheid van de uitkomsten.

Toetsing van bronnen

De resultaten zijn getoetst aan beschikbare relevante data. Deskundigen op specifieke onderdelen zijn geraadpleegd als bron en ter toetsing van de bevindingen. In deze verdiepfase zijn ook hiaten in de beschikbare kennis en gegevens vastgesteld.

Vaststelling balansen en beantwoording onderzoeksvragen

Het ontwikkelde raamwerk en de toetsingsresultaten zijn gebruikt om de onderzoeksvragen te behandelen. Het wkk-vermogen in de glastuinbouw is toebedeeld aan de gewasgroepen die voor dit project zijn geselecteerd. Hierdoor kunnen specifieke factoren die de energiebenutting beïnvloeden worden meegenomen in de energiebalans en worden de balansen van de (sub-)sectoren nauwkeurig.

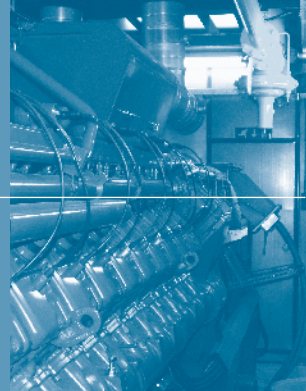
1.6 LEESWIJZER

Dit rapport is opgebouwd analoog aan de uitvoering van het onderzoek. Na de algemene inleiding in dit hoofdstuk volgt in hoofdstuk 2 informatie over de achtergronden van wkk in de glastuinbouw en de factoren van invloed op de energiebenutting. Dit resulteert in een conceptueel raamwerk en uitgangspunten voor de rest van het onderzoek. De resultaten en de onderzoeksvragen komen aan bod in hoofdstuk 3. Tot slot zijn in hoofdstuk 4 de conclusies, de discussie en de aanbevelingen opgenomen.



V.l.n.r.: tafelkoeler, warmteopslagtank, installatiebeluchting en schoorsteen

Energietoepassing warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouw



2

2.1 GLASTUINBOUW EN WARMTEKRACHTKOPPELING

De Nederlandse glastuinbouwsector omvat in het jaar 2006 circa 10.500 ha. Dit areaal bevindt zich op circa 8.500 tuinbouwbedrijven met glas. De bedrijven hebben een grote verscheidenheid qua gewas, omvang, productiemiddelen en bedrijfsresultaat.

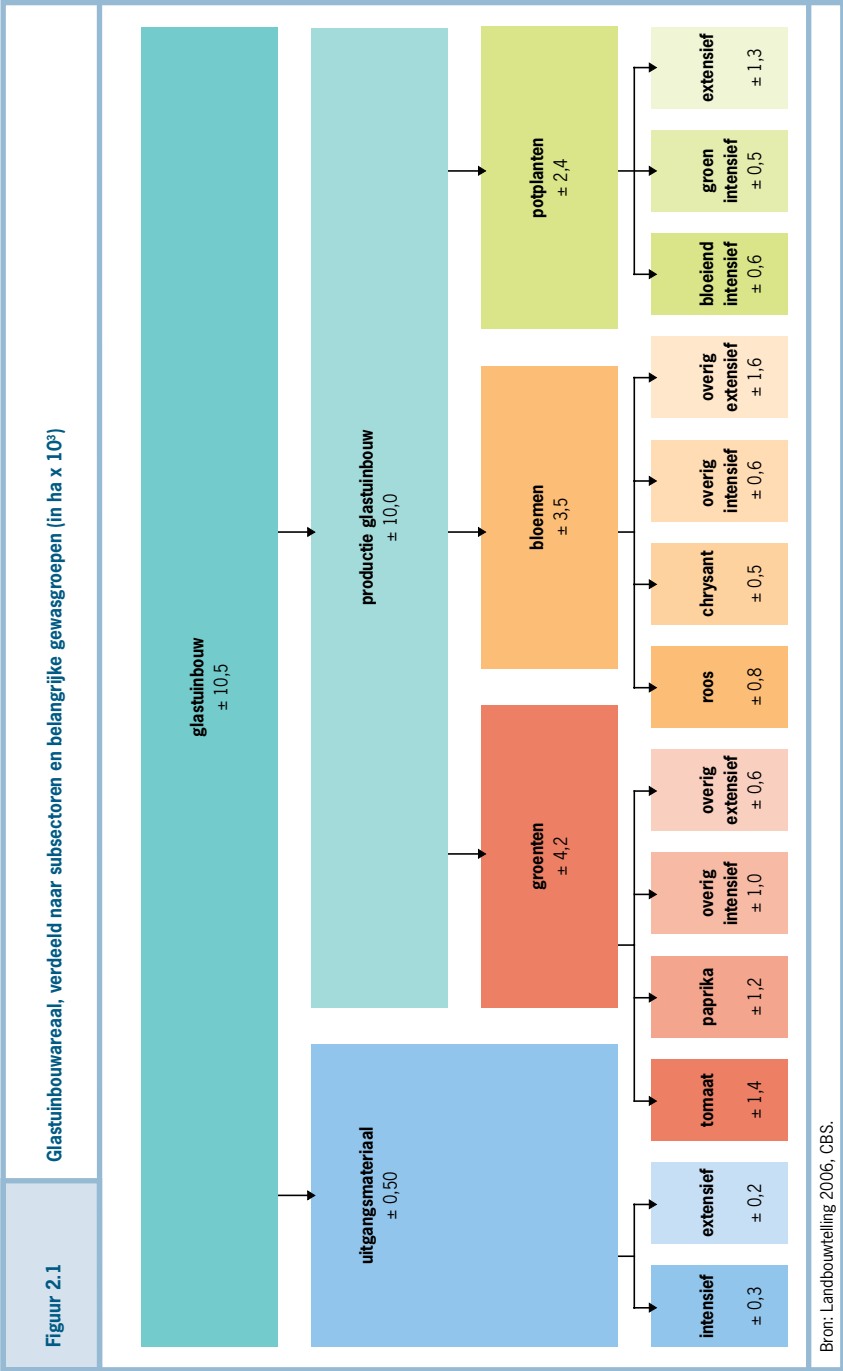
De glastuinbouw kan worden onderverdeeld in subsectoren (figuur 2.1). Deze subsectoren zijn voor dit project globaal onderverdeeld in de belangrijkste gewasgroepen (tabel 2.1).

Tabel 2.1		Globale verdeling decentraal wkk-vermogen in de glastuinbouw (2006) naar subsectoren en gewasgroepen		
Subsector	Vermogen	Gewasgroep	Vermogen	Accent van inzet
-	MW _{el}	-	MW _{el}	eigen toepassing levering a)
Groenten	850	tomaat	425	x
		paprika	275	x
		overig intensief	150	x
		overig extensief	0	
Bloemen	525	roos	300	x
		chrysant	125	x
		overig intensief	100	x
		overig extensief	0	
Potplanten	200	bloeiend intensief	100	x
		groen intensief	100	x
		overig extensief	0	
Uitgangsmateriaal	100	intensief	100	x
		extensief	0	
Totaal	1.675		1.675	

a) Voornamelijk belichting.

Bron: Gebaseerd op Cogen Projects en Landbouwtelling 2006 - CBS.

In dit onderzoek maakt het areaal met extensieve teelt geen gebruik van wkk als gevolg van de lage warmtevraag (circa 35% van het glasareaal).



Het onderzoek is uitgevoerd op basis van de areaalgegevens van medio 2006, omdat deze beschikbaar zijn, later worden de voorlopige gegevens van 2008 uitgewerkt.

Het totale vermogen aan decentrale wkk in de glastuinbouw (in eigen beheer en van derden) bedroeg medio 2006 circa 1.675 MW_{el}. Dit vermogen is verdeeld over verschillende subsectoren/gewasgroepen.

Op basis van de expertise van het LEI is in tabel 2.2 per gewasgroep globaal aangegeven waar het accent ligt bij de inzet van de wkk (van eigen toepassing tot levering/verkoop aan derden). Deze verdeling vormt de basis van het conceptuele raamwerk. Deze verdeling vormt de basis van het conceptueel raamwerk. Een weergave van dit raamwerk wordt gegeven in paragraaf 2.6.



Warmtekrachtkoppeling

2.2 WARMTEKRACHTKOPPELING EN RENDEMENT

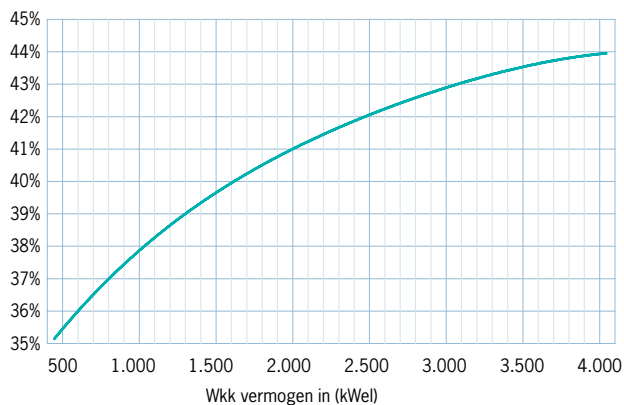
Technisch rendement warmtekrachtkoppeling

De machinespecificaties van de leveranciers van wkk's bieden inzicht in de prestaties die de installatie kunnen leveren. Wanneer de installaties onder de voorgeschreven condities functioneren, benaderen zij deze specificaties (in de praktijk zijn ze wat lager). De figuren 2.2 en 2.3 geven inzicht in de globale, voor praktijkcondities gecorrigeerde prestaties van moderne gasmotoren.

Figuur 2.2

Relatie tussen vermogen en elektrisch rendement op onderwaarde van de brandstof (aardgas) van nieuwe wkk's

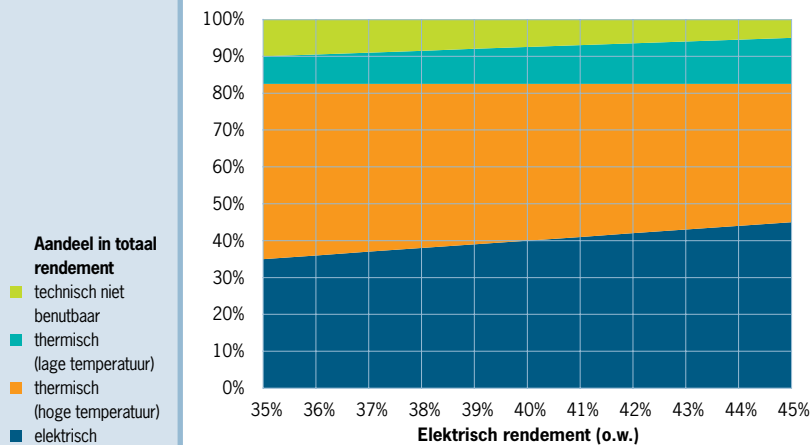
Elektrisch rendement (in %)



Bron: leveranciers van wkk-installaties.

Figuur 2.3

Relatie tussen vermogen en elektrisch rendement op onderwaarde van de brandstof (aardgas) van nieuwe wkk's



Bron: leveranciers van wkk-installaties.

Het rendement van gasmotoren verbetert geleidelijk als gevolg van technische innovatie en schaalvergroting; hoe groter de gasmotor, hoe hoger het totale en het elektrisch rendement.

Economisch rendement warmtekrachtkoppeling

Het economisch resultaat van toepassing van warmtekrachtkoppeling is de marge die ontstaat bij het toepassen van deze techniek. Het economische rendement van warmtekrachtkoppeling is gebaseerd op de nuttige aanwending van de energie- en productstromen (warmte, elektriciteit en gereinigde rookgassen) vanuit economisch perspectief. Afhankelijk van de kosten van alternatieven zal een ondernemer wel of geen gebruik maken van wkk. Dit heeft zowel betrekking op de aanschaf als op de inzet van installaties.

De meest voorkomende alternatieven voor wkk zijn inkoop van elektriciteit en warmteopwekking met een aardgasgestookte ketel. Het rendement van wkk is te kwantificeren door vergelijking met het meest aannemelijke alternatief.

De economische afweging over de inzet van wkk is meestal gebaseerd op de kostprijs van de geproduceerde elektriciteit.

De wkk kan worden gebruikt als:

- (1) de productiekosten van elektriciteit lager zijn dan de kosten bij inkoop, of
- (2) de productiekosten van elektriciteit lager zijn dan de opbrengsten bij verkoop, of
- (3) als gereinigde rookgassen noodzakelijk zijn voor de teelt
(eventueel in combinatie met 1 of 2).

De waarde van de warmte wordt als constante gesteld en wordt gerelateerd aan de benodigde kosten voor warmteopwekking via een gasketel (Verhoeven, et al., 1996). De keuze om warmte als vaste waarde te nemen vloeit voort uit de tot op heden vaste contractprijzen voor aardgas. Voor elektriciteit geldt dit niet.

De kostprijs van elektriciteit voor een wkk met een vermogen van 1 MW_{el} is globaal bepaald op basis van een bedrijfstijd van 3.500 uur per jaar. De marginale kostprijs van de geproduceerde elektriciteit is de som van brandstof-, onderhoud- en beheerkosten, verminderd met de baten uit vermeden ketelstook voor warmte. De integrale kostprijs wordt verkregen door de afschrijving en de rentekosten op te tellen bij de marginale kostprijs.

Voor vooraf geplande uren wordt de integrale kostprijs gehanteerd. Niet geplande, extra draaiuren worden gerelateerd aan de marginale kostprijs (zie tabel 2.2).

Deze kostprijs dient vergeleken te worden met de verschillende marktprijzen, zoals de veel gebruikte plateau- en dalprijzen (zie de tabellen 2.3 en 2.4). (Er zijn jaarlijks globaal 4.100 plateau-uren; de rest zijn daluren.)

Het voorgaande is van grote invloed op de gebruiksduur en de -perioden van de wkk. In perioden van lage warmtevraag zal de wkk minder worden ingezet.

Tabel 2.2 Globale kostprijs elektriciteit (eigen productie met w.kk. 1 MW.) (€/kWh)		
Scenario	Integrale kostprijs	Marginale kostprijs
Volledige toepassing van warmte	0,065	0,045
Volledige afvoer van warmte	0,105	0,085

Tabel 2.3 Globale marktprijzen elektriciteit plateau/peak bij inkoop (inclusief diensten en heffingen) & verkoop (€/kWh)		
Afsluitmoment december 2007	Inkoop	Verkoop
Contractjaar 2008	0,105	0,075
Contractjaar 2009	0,110	0,080
Contractjaar 2010	0,110	0,075

Tabel 2.4 Globale marktprijzen elektriciteit dal/off-peak bij inkoop (inclusief diensten en heffingen) & verkoop (€/kWh)		
Afsluitmoment december 2007	Inkoop	Verkoop
Contractjaar 2008	0,080	0,045
Contractjaar 2009	0,075	0,040
Contractjaar 2010	0,070	0,040

De marktprijzen van elektriciteit zijn verkregen op basis van vaste prijzen en defensieve contractvoorwaarden (bron: energieleveranciers en www.endex.nl december 2007). Als referentie waardering voor warmte zijn de kosten bij ketelstook met dezelfde aardgasprijs (€ 0,225/m³) genomen. De resultaten zijn gebaseerd op vaste prijzen en defensieve contracten (bron: energieleveranciers en www.endex.nl, december 2007). De referentie voor warmtewaardering is de kostprijs van warmte uit ketelstook bij dezelfde aardgasprijs (€ 0,225/m³).

Er zijn ook meer offensieve contracten met variabele prijzen, waarbij de exploitant kan optimaliseren door te handelen op de energiemarkt (spot-, dag- en termijnmarkt, zie bijlage 4). Uit informatie van energiebedrijven blijkt dat de grote meerderheid van bedrijven met wkk de kosten en beoogde opbrengsten fixeert door zowel de aardgasprijs als de elektriciteitsvergoeding vast te leggen en een plan van draaiuren zoveel mogelijk te benaderen. Het voordeel hiervan is een zekerheid over het economisch rendement, het nadeel is dat de exploitant veel minder profiteren kan van piekprijzen omdat de verkoopprijs vastligt.

Uit de tabellen valt af te leiden dat het rendabel kan zijn om elektriciteit met wkk te produceren ter vermijding van inkoop, mits de geproduceerde warmte van de wkk wordt

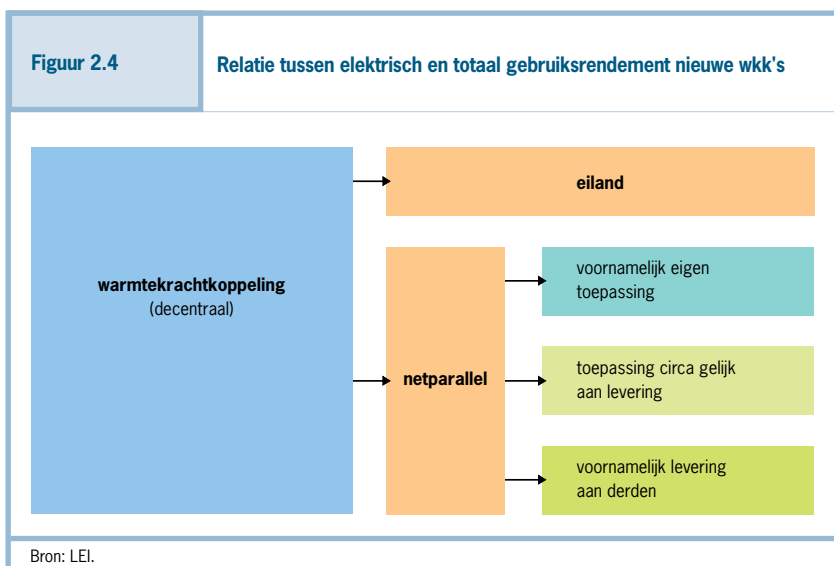
toegepast. Kijkend naar de totale exploitatie is elektriciteitsproductie voor verkoop alleen rendabel bij benutting van warmte en verkoop tijdens plateau-uren (werkdagen van 07.00-23.00 uur). Zonder nuttige warmtetoepassing zijn de termijnmarktprijzen van jaarvolumes elektriciteit te laag voor rendabele verkoop.

Nota bene: in tabel 2.5 zijn de kosten voor afvoer van warmte niet meegenomen (bijvoorbeeld: de investering in een koeltoren en de elektriciteit voor koeling). Hierdoor zullen de kosten voor de situaties zonder warmtebenutting in werkelijkheid wat hoger zijn.

2.3 TOEPASSINGSVARIANTEN

De technische inpassingsvarianten van decentrale wkk zijn globaal te verdelen in eiland- en in netparallel configuraties (zie figuur 2.4).

Een wkk in eilandconfiguratie is wel verbonden met de elektrische installatie van het bedrijf en niet verbonden met het openbare elektriciteitsnet. Een wkk in netparallel configuratie is een wkk die in verbinding staat met de elektrische installatie van het bedrijf en eveneens in gekoppeld is met het openbaar elektriciteitsnet. Hierdoor kan het bedrijf de eigen stroomproductie aanvullen met het net voor eigen gebruik of elektriciteit leveren via het openbaar net. De aanwending van elektriciteit uit wkk op glastuinbouwbedrijven vindt hoofdzakelijk plaats voor groeilichtinstallaties.



De eilandinpassing in combinatie met groeilicht was in het verleden de meest gebruikelijke variant, tegenwoordig is de netparallel inpassing de meest populaire. Dit is een gevolg van:

- schaalvergroting van de bedrijven, waardoor investeringen sneller rendabel zijn;
- het benutten van gereinigde rookgassen voor productieverhoging;
- verbeterde toegankelijkheid van de openbare infrastructuur;
- hogere baten uit verkoop van elektriciteit aan derden.

Beheervarianten

Er worden 3 beheervarianten onderscheiden:

- eigen beheer

Een wkk in eigen beheer geeft het glastuinbouwbedrijf volledige zeggenschap over het gebruik van de installatie. De financiering, de energiecontracten en de momenten van inzet worden naar eigen inzicht gekozen. Meer dan 80% van het totale wkk-vermogen in de glastuinbouw wordt in eigen beheer geëxploiteerd, overwegend in netparallel configuratie;

- gezamenlijk eigen beheer

Bij gezamenlijke exploitatie door meerdere glastuinbouwbedrijven vormen de bedrijven een 'fysieke energiecluster', waar energiestromen op een compacte locatie worden uitgewisseld. De financiering, de energiecontracten en de momenten van inzet worden in overleg bepaald.

Onder deze tamelijk recente beheervorm vallen uitsluitend netparallel geschakelde installaties. Deze vertegenwoordigen naar schatting 5% van het totale wkk-vermogen;

- beheer door derden

Een wkk-installatie op een glastuinbouwbedrijf kan door derden geëxploiteerd worden. De zeggenschap berust dan bij de derde partij, bijvoorbeeld een energiebedrijf. De financiering, de energiecontracten en de momenten van inzet worden naar wens van de exploitant gekozen, maar dit vindt plaats in nadrukkelijk overleg met het glastuinbouwbedrijf waar de wkk geplaatst is.

Door de eerder in dit hoofdstuk genoemde argumenten heeft deze variant aan populariteit ingeboet. Tuinbouwondernemers gaan graag voor hun eigen kansen en derden hebben moeite om een concurrerende warmteprijs aan te bieden.

Aansprakelijkheidsrisico's spelen een rol bij de toepassing van gereinigde rookgassen in de teelt; deze risico's worden niet door derden gedragen. Recentelijk wint rookgasreiniging wel aan populariteit (onder verantwoording glastuinbouwbedrijf).

Inpassingsvarianten

Naast de machinespecificaties, is de wijze van inpassing bepalend voor de prestaties:

- *inpassing elektriciteit*

De gegenereerde elektriciteit wordt aangeboden aan een hoofdverdelers, die in de elektriciteitsvraag op de locatie voorziet. In een eilandconfiguratie is het gevraagde vermogen van de groeilichtinstallatie achter de hoofdverdelers gelijk aan het gegenereerde vermogen van de wkk. In een netparallel configuratie is de hoofdverdelers verbonden met het openbare net en kan er aan derden worden geleverd;

- *inpassing hoogwaardige warmte*

De hoogwaardige warmte die vrijkomt uit het verbrandingsproces wordt door de installatie via warmtewisselaars in de installatie afgedragen aan het verwarmingssysteem van het glastuinbouwbedrijf. Deze warmte wordt direct toegepast voor kasverwarming of kortstondig (tot enkele etmalen) opgeslagen in de warmwateropslagtank voor later gebruik. Hiermee wordt de energieopwekking gedeeltelijk ontkoppeld van de warmtetoepassing. De waterstromen die de wkk koelen en de verwarming voeden hebben vaste temperatuurtrajecten (aanbodtemperatuur 80° tot 95°C);

- *inpassing laagwaardige warmte*

Verruit de meeste wkk's in de glastuinbouw zetten laagwaardige warmte af via speciale laagtemperatuur verwarmingsnetten om ook condenswarmte te kunnen toepassen. Deze warmte kan slechts beperkt worden opgeslagen vanwege de lage energie-inhoud per hoeveelheid water. Hierdoor is het wenselijk laagwaardige warmte af te zetten op het moment van opwekking. Uitzonderingen van installaties zonder laagwaardige warmte zijn enkele motoren met een klein vermogen (< 500 kWel) of oudere installaties met gecombineerde warmteoutput.

De vaste temperatuurniveaus van laagwaardige warmtestromen uit wkk liggen rond een aanbodtemperatuur van 35° tot 50°C, wat opslag economisch onrendabel maakt. Op specifieke momenten kan het afzetten van laagwaardige warmte niet mogelijk zijn. Dit geldt onder andere bij een enkelvoudig verwarmingssysteem tijdens ernstige koude of warmte. In die gevallen is er hoogwaardige warmtevraag of geen warmtevraag. Sommige bedrijven hebben een tafelkoeler om laagwaardige warmte af te kunnen blazen, zodat de wkk niet in storing komt. Afname (of opslag) van hoogwaardige warmte en afzet van elektriciteit blijven hierdoor mogelijk;

- *inpassing CO₂*

Een andere variant heeft geen betrekking op de energiestromen, maar op CO₂-dosering voor de groei van het gewas. Sinds begin deze eeuw is nageschakelde rookgasreiniging voldoende betrouwbaar voor veel bedrijven om rookgassen toe te

passen voor CO₂-dosering. Circa twee derde van de wkk-installaties in de glastuinbouw is uitgerust met rookgasreiniging (bron: LTO Noord Glaskracht);

Bedrijven hebben de volgende keuzes voor toepassing van CO₂:

- 1) geen CO₂ doseren;
- 2) CO₂ doseren uit de rookgassen van gaskachels/heteluchtkachels in de kas;
- 3) CO₂ doseren uit de rookgassen van de centrale verwarmingsketel;
- 4) CO₂ doseren uit de rookgassen van de wkk;
- 5) CO₂ doseren uit externe bron (zuivere CO₂, aangevoerd per tankauto of via een centraal net).

Vrijwel de gehele intensieve glastuinbouw in Nederland doseert CO₂. CO₂ uit rookgassen van ketels of gaskachels wordt minder populair, omdat de alternatieven (rookgassen uit wkk en zuivere CO₂) minder of geen warmteproductie leveren.

2.4 FACTOREN VAN INVLOED OP ENERGIEBENUTTING WARMTEKRACHTKOPPELING

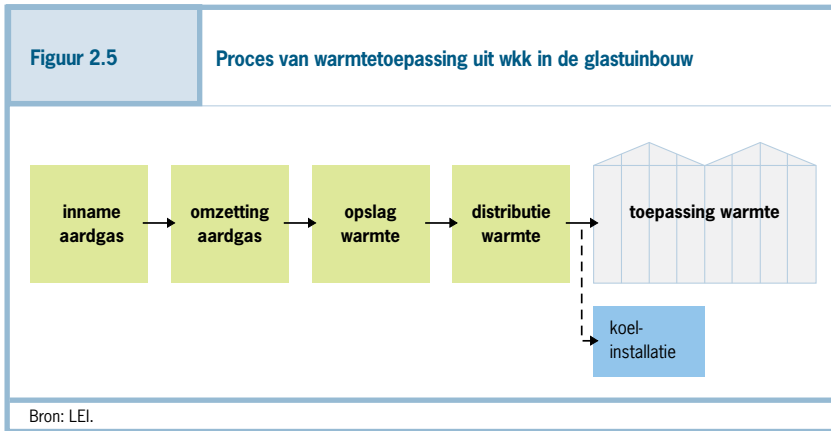
Bij het inventariseren van de factoren die de energiebenutting beïnvloeden zijn twee belangrijke afbakeningen gemaakt:

- (1) alle opgewekte elektriciteit wordt nuttig aangewend door toepassing op het bedrijf en/of levering aan derden;
- (2) warmteverliezen kunnen optreden bij de omzetting van energie, distributie, opslag, niet noodzakelijke verwarming en eventuele afvoer via koelinstallaties.

Uit de praktijk blijkt nauwelijks bedrijven die wkk toepassen zonder warmwateropslag en het aantal bedrijven met voorzieningen om overtollige warmte te lozen is beperkt. Warmteopslagtanks hebben doorgaans een inhoud van 100 tot meer dan 300 m³ water per ha glas. Hiermee kan per ha glas de warmte opgeslagen worden van 600 tot meer dan 2.000 m³ aardgas. En zijn bij grote bedrijven tanks in gebruik van enkele duizenden m³'s water.

De benutting van energie uit wkk hangt af van de aanwending van geproduceerde warmte en elektriciteit. De volgende factoren zijn bepalend:

- de start- en stopmomenten van de warmtekrachtinstallatie;
- extra opslagverliezen;
- afvoer van overtollige warmte via koelinstallaties;
- niet noodzakelijke verwarming van de kas.



Onderstaande factoren hebben de grootste invloed op de energiebenutting. Zij zijn opgenomen in het raamwerk dat als basis dient van dit onderzoek.

- afstemming teelt/productieplan;
- beheerverantwoordelijkheid;
- inpassing elektrisch;
- inpassing thermisch;
- inpassing CO₂ ;
- strategie en aansturing;
- vermogen (relatief; uitgedrukt in Wel/m²kas).

Andere factoren hebben geen effect op de benutting of worden meegenomen bij de bovenstaande factoren. Een voorbeeld van afdekking is dat de buitentemperatuur de benutting weliswaar beïnvloedt, maar dit zit in de thermische inpassing. De factoren worden hieronder toegelicht.

Afstemming teelt/productieplan

De voornaamste factor is de energievraag vanuit de teelt. Deze wordt beïnvloed door belichting, gewasvervangende teeltwisseling, CO₂-dosering en productiepieken.

Vermogensvraag van belichting hoeft niet altijd samen te vallen met een bijpassende warmtevraag. Dit geldt ook voor productiepieken in de teelt, bijvoorbeeld voor feestdagen of acties.

Tijdens teeltwisselingen is de warmtevraag beperkt, wat kan leiden tot afstemmingsverliezen. Ter verbetering van de arbeidsomstandigheden kiest een deel van de vruchtgroentetelers ervoor om de teeltwisseling niet in een koude kas plaats te laten vinden.

CO₂-dosering via rookgassen van een wkk of uit zuivere bron is populair. In vergelijking met gasketels wordt minder of geen warmte geproduceerd. Dit leidt tot minder warmteoverschotten. Op de enkele bedrijven die afhankelijk zijn van de ketel of gaskachels voor de CO₂-voorziening hebben kan een warmteoverschot ontstaan als gevolg van afstemmingsverschillen.

Bovengenoemde invloeden kunnen leiden tot extra schakelmomenten, verminderde afstemming met de warmtevraag en niet noodzakelijke verwarming. Tuinders geven aan dat te veel verwarming kan resulteren in productiederving en zelfs gewasschade. Zij willen deze grens niet overschrijden. Bovendien zal bij warmteoverschot en ongewenste verwarming meer via de luchtramingen van de kas moeten worden geventileerd. Hierbij gaat gedoseerde CO₂ de kas uit; dit is ongewenst voor het productieresultaat.

Het voorgaande geldt ook voor bedrijven die in hun energiebeheer de eisen van lichtafscherming en de stralingswarmte van intensieve belichting moeten meewegen.

Deze intensieve belichters zien oplossingen in een gezamenlijk energiebeheer met nabijgelegen bedrijven (clustering) of extra inkoop van elektriciteit via het net.

Beheerverantwoordelijkheid

Bij wkk's in eigen beheer zijn de afstemmingsproblemen in beginsel minimaal. Bij gezamenlijk beheer kunnen afstemmingsverschillen ontstaan door de complexe koppeling van elektriciteit- en CO₂-vraag. Buffering van deze stromen is immers niet mogelijk. Moderne automatisering leidt wel tot verbetering.

Bij exploitatie door derden kan de wkk mede worden aangestuurd door signalen van buiten het tuinbouwbedrijf, waarbij afstemmingsverschillen kunnen ontstaan.

Om technische schade door afstemmingschillen te voorkomen rusten externe partijen (energiebedrijven) hun wkk's soms uit met noodkoelers.

Bovengenoemde invloeden kunnen leiden tot extra schakelmomenten, verminderde afstemming en afvoer van warmteoverschotten, voornamelijk bij installaties van derden.

Inpassing: elektrisch

Een wkk in eilandopstelling wordt geschakeld op elektriciteitsvraag (belichting) en kan geen elektriciteit afzetten als er geen vraag is op het bedrijf. Netparallel geschakelde installaties kunnen dat wel (via het openbaar net).

Hierdoor hebben wkk's in eilandconfiguratie meer start- en stopmomenten, wat resulteert in een lagere energiebenutting.

Inpassing: thermisch

De toepassing van hoogwaardige warmte vindt op bijna alle bedrijven met wkk plaats via een warmteopslagtank. Deze stelt het glastuinbouwbedrijf in staat warmte te produceren enigszins los van de warmtevraag. De bedrijven kunnen hierdoor elektriciteit produceren wanneer er vraag is op het bedrijf of wanneer de elektriciteitsmarkt hier behoefte aan

heeft. De enige verliezen die optreden zijn de extra verliezen door opslag in de geïsoleerde warmwateropslagtank.

Laagwaardige warmte is een warmtestroom die als bonus gezien wordt. Deze is toepasbaar als er voldoende retourwater uit het verwarmingssysteem komt met een temperatuur onder de condensatietemperatuur van het water in de rookgassen. Op de meeste bedrijven is dit altijd beschikbaar. Een beperkt deel van de bedrijven mist deze afzetmogelijkheid tijdens ernstige koude (de retourtemperatuur is dan te hoog) en bij te hoge buitentemperaturen (opslag van laagwaardige warmte niet rendabel). In deze situaties is een deel van de laagwaardige warmte bijvoorbeeld via een tafelkoeler af te voeren. De capaciteit van tafelkoelers komt doorgaans overeen met het laagwaardig thermisch vermogen van de wkk (2 tot 7% van het totale warmtevermogen).

Tijdens het onderzoek is niet gebleken dat er koelinstallaties in bedrijf zijn voor het lozen van grote hoeveelheden hoogwaardige warmte.

Om de beschikbaarheid van warmte te waarborgen heeft elk bedrijf naast de wkk een extra warmtebron in de vorm van een aardgasgestookte verwarmingsketel.

Inpassing: CO₂

Het handhaven van een optimale CO₂-concentratie in de kas is essentieel voor een goede productie. Op grote schaal wordt dit sinds jaren bewerkstelligd door rookgassen van ketels in de kas te brengen. De vrijkomende warmte kan in warmwatertanks worden opgeslagen bijvoorbeeld voor toepassing in de koudere periode van het etmaal.

De toepassing van zuivere CO₂ voor groeidoeleinden is een andere mogelijkheid. Zuivere CO₂ wordt aangeleverd per tankauto of pijpleiding, heeft geen koppeling met warmteproductie en is relatief kostbaar.

Sinds een jaar of 10 worden er ook rookgassen uit gasmotoren gereinigd. Ongereinigde rookgassen uit gasmotoren zijn ongeschikt voor toepassing in de teelt vanwege de gevoeligheid van gewassen voor bepaalde componenten. Ondanks de complexiteit en kosten van het proces is rookgasreiniging voor gasmotoren een succes gebleken. Omdat het aardgas zowel in warmte als in elektriciteit wordt omgezet, kan een bedrijf per gevraagde eenheid warmte meer rookgassen maken en daarmee het gewenste CO₂-niveau in de kas beter handhaven.

Door het voorgaande is kans op warmteoverschotten is minimaal bij wkk met zuivere CO₂ en beperkt bij wkk met rookgasreiniging, omdat er toch laagwaardige warmte moet worden afgezet. In situaties met wkk plus en een gasketel als enige CO₂-bron is de kans op knelpunten in het warmtebeheer bij CO₂-vraag wel aanwezig.

Strategie en aansturing

Sinds de liberalisering van de energiemarkt zijn de energieprijzen aan diverse invloeden onderhevig. Glastuinbouwbedrijven kunnen hier naar eigen inzicht op anticiperen. Legt men voor een termijn prijzen vast of blijft men meedelen op de actuele marktprijs. Men kan

zelfs gebruik maken van de pieken en dalen op dagbasis (de onbalansmarkt).

Omdat deze acties een vorm van handel zijn, kunnen er goede en slechte resultaten zijn. Veel ondernemers leggen de prijzen vast om grip te hebben op de energiekosten. Zij volgen een tamelijk defensieve strategie.

Andere ondernemers zijn zeer actief in de energiehandel en volgen een offensieve strategie. Vaak hebben zij meerdere wkk's, veel kennis van energiebeheer en verdraagt de teelt een flexibeler energiebeheer. Tussen deze uitersten bestaand allerlei tussenvormen.

De aansturing van de wkk op het gewenste energiebeheer van de kas en de anticipatie op de betreffende energiemarkt is zeer belangrijk. Onvoldoende afstemming kan resulteren in veel start- en stopsituaties en in problemen met de afstemming van warmteproductie op warmtevraag en -opslag).

Door de technische mogelijkheden en toegang tot de vrije energiemarkten kunnen ondernemers warmte produceren met meerdere bronnen, elektriciteit zelf opwekken via wkk of inkopen via het net en CO₂-doseran via rookgassen of uit zuivere bron.

Vermogen (relatief)

Het relatief vermogen is het vermogen per oppervlakte-eenheid, meestal uitgedrukt in het elektrisch vermogen in Watt per vierkante meter (Wel/m²).

De aan de teelt en bedrijfsvoering gekoppelde energievraag is bepalend voor de dimensionering van de wkk, oftewel het meest passende relatief vermogen. Hiermee wordt het afstemmen van het juiste vermogen voor de specifieke wensen (energievraag) op de locatie bedoeld.

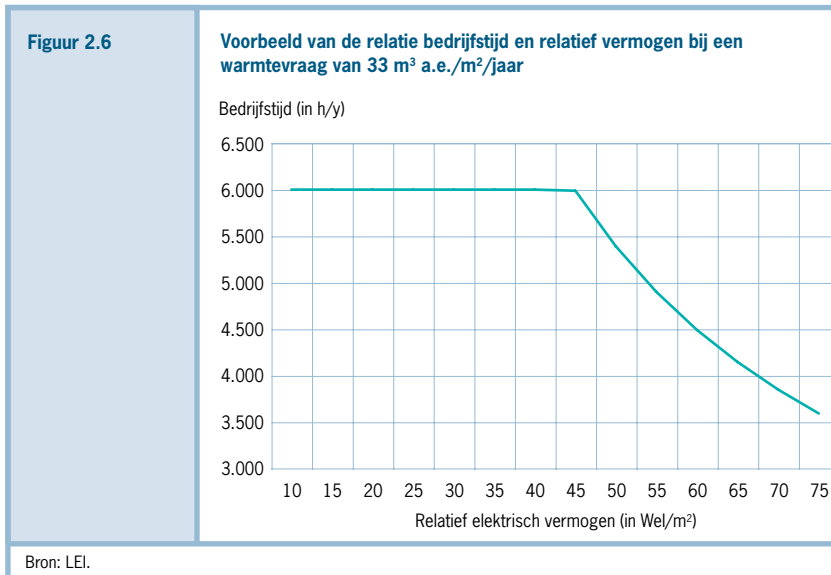
Het relatief vermogen is van belang, omdat een wkk met een laag relatief vermogen minder starts en stops hoeft te maken om in de warmtevraag te voorzien. In principe geldt: hoe lager het relatief vermogen, des te groter het aantal mogelijke draaiuren. Daarentegen kunnen wkk's met een hoger relatief vermogen een groter deel van de energievraag dekken en meer bruikbare rookgassen leveren. Dergelijke installaties brengen in verhouding lagere investeringen met zich mee en kunnen meer resultaat opleveren wanneer verkoop van elektriciteit aantrekkelijk is.

De indruk bestaat dat wkk's bij bedrijven die de geproduceerde elektriciteit zelf toepassen een hoger relatief vermogen hebben dan wkk's die voornamelijk leveren voor verkoop. Bedrijven met een externe bron van (zuivere) CO₂ kunnen door de ontkoppeling van warmte en CO₂ een hoger relatief vermogen hebben.

Voor de bepaling van de warmtebenutting is per gewasgroep de volgende classificatie gebruikt: relatief vermogen kleiner dan 25, tussen 25 en 50 en groter dan 50 Wel/m².

Grotere bedrijven (eenheden van meer dan 5 ha) hebben vaak meerdere wkk's en een groter relatief vermogen. Door hun grotere flexibiliteit (uitschakeling van een deel van de machines) kunnen zij zonder energieoverschotten in de basisvraag naar warmte en CO₂ voorzien.

Er is een relatie tussen het aantal draaiuren en het relatieve vermogen. De behoefte aan warmte kan slechts eenmaal worden ingevuld. Hierdoor geldt: hoe hoger het vermogen, hoe korter de bedrijfstijd en hoe lager het relatieve vermogen, hoe langer de bedrijfstijd.



2.5 TOETSING

Toetsing via onderdeeldeskundigen

Voor de toetsing bij deskundigen op onderdelen zijn drie groepen benaderd; dit zijn: leveranciers van gasmotoren (4), leveranciers van energie(diensten) (3) en uit elke gewasgroep een glastuinbouw ondernemer met wkk (15).

De leveranciers van wkk die benadert zijn hebben meer dan 75% van het vermogen geleverd, de leveranciers van energie bedienen gezamenlijk het overgrote van de glastuinbouw.

Gezien de omvang en korte doorlooptijd van het project hebben de glastuinbouwbedrijven informatie aangedragen over hun bedrijfssituatie met wkk, de trends in wkk gebruik bij hun (teelt)collega's en hun visie op exploitatie van wkk in de glastuinbouw.

Leveranciers van gasmotoren

Vier leveranciers van gasmotoren hebben een beeld geschetst van de installaties in de glastuinbouw, gebaseerd op nieuw geplaatste en in onderhoud zijnde installaties.

Zij gaven aan hoe wkk's op verschillende bedrijven zijn ingepast. Ook hebben zij het aantal geschat van wkk's met een tafelkoeler voor laagwaardige warmte en het aantal van de wkk's met rookgasreiniging. Volgens de leveranciers zijn er geen koelinstallaties in gebruik voor hoogwaardige warmte afkomstig van wkk's. Wel hebben enkele bedrijven zonder een apart laagwaardig net een tafelkoeler om tijdens ernstige koude of warmte het koelwater van de wkk op de gewenste lage temperatuur te brengen.

De toepassing van rookgasreiniging verschilt per gewasgroep en wordt bepaald door de ouderdom van het bedrijf en de regio. Voor teelten met intensieve CO₂-dosering kiezen de ondernemers vaker voor rookgasreiniging, maar rookgasreiniging komt in elke gewasgroep voor. In gebieden met veel moderne en grote bedrijven komt wkk met rookgasreiniging vaker voor, omdat technische inpassing beter te realiseren is. Regionale verschillen hangen ook samen met de beschikbaarheid van centraal aangeleverde CO₂, zoals het geval is in Made (Amercentrale) en in het Oostland/Westland (OCAP - zuivere CO₂ uit de Rijnmond).

Leveranciers van energie en energiediensten

De leveranciers van energie en energiediensten hebben een beeld over de inzet van wkk in de glastuinbouw, gebaseerd op afgesloten contracten voor in- en verkoop van energie en uit automatiseringdiensten voor transacties op energiemarkten.

Zij stellen dat bedrijven met grotere vermogens actiever handelen in elektriciteit. Ook groeit het aantal bedrijven dat contracten met veel leveringsvrijheid verruimt voor contracten met leveringsplicht, vanwege de hogere vergoeding en kansen op betere handelsresultaten.

Aangegeven is dat de inpassing en inzet van wkk zeer divers is. Dit komt mede door grote verschillen in bedrijfsomvang, strategieën en aansluitvoorwaarden.

Glastuinbouwondernemers met wkk

Uit elke gewasgroep zijn tuinders met wkk benaderd. Per gewasgroep is besproken welke factoren leiden tot verminderde benutting van de energiestromen uit wkk. De tuinders gaven een toelichting op de technische inpassing en de inzet van wkk op hun bedrijven. Deze toelichtingen zijn gebruikt bij het opstellen van de prognose energiebalansen.

Aangegeven is dat de teelt en de afzet van de producten de kernactiviteit is, en dat energiebeheer een voorname plaats inneemt in de bedrijfsvoering.

Tevens is aan bod gekomen hoe collega's in bijvoorbeeld studie-, excursie- of vergelijkingsgroepen wkk inpassen en hun strategie bepalen.

Toetsing via kwantitatieve bronnen

Naast de inzichten en opgaven van deskundigen en gebruikers van wkk zijn databronnen gebruikt, waaraan tevens de inzichten van derden zijn getoetst.

De databronnen zijn de landbouwtelling van het CBS en het Bedrijven Informatienet van het LEI. Door het LEI zijn de eerder genoemde gewasgroepen gegroepeerd en geanalyseerd. Uit deze analyse is gebleken dat aannames van deskundigen en cijfermatige gegevens uit de verschillende bronnen goed overeenkomen.

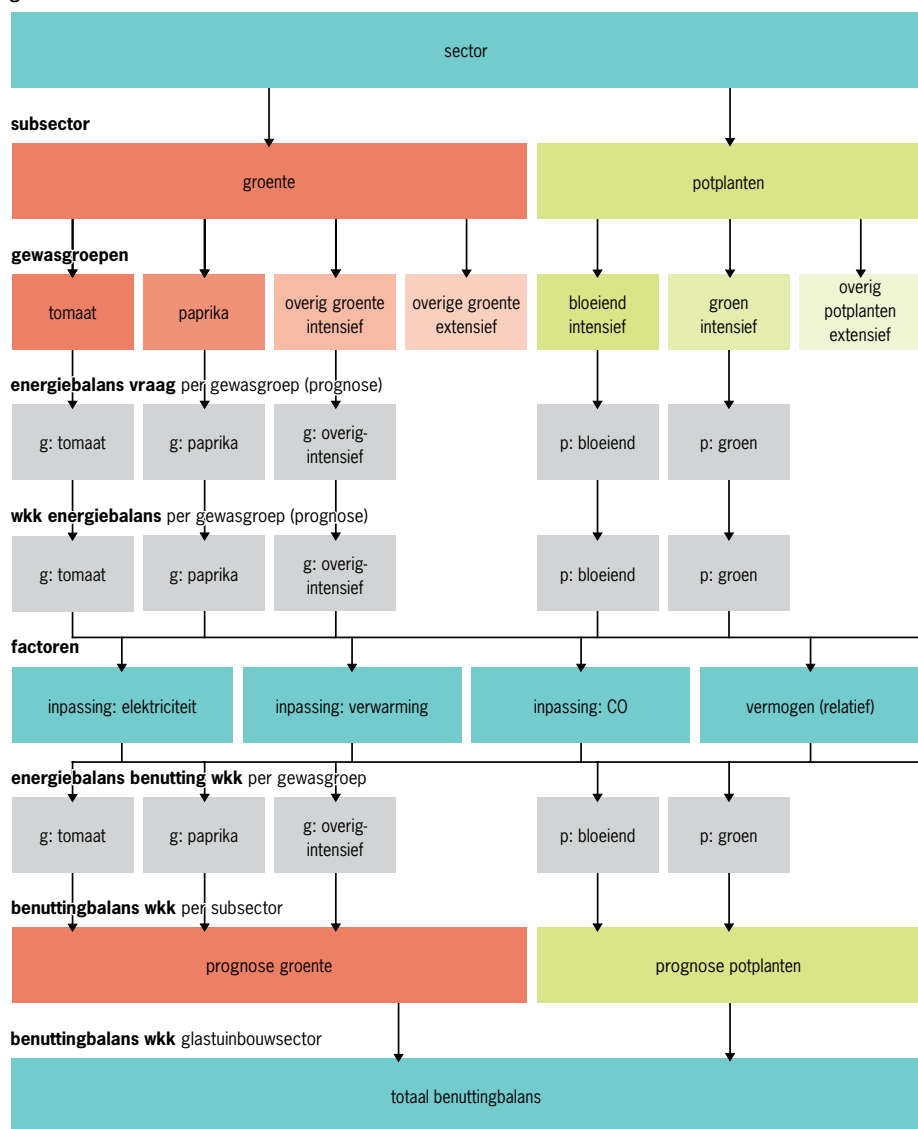
2.6 **CONCEPTUEEL RAAMWERK**

Op basis van de structuur van de glastuinbouw in Nederland en de toepassing van warmtekrachtkoppeling in deze sector is een conceptueel raamwerk opgesteld. Het eerste deel omvat de verdeling van de sector in gewasgroepen met de prognoses van energiebalansen. Met de belangrijkste invloedsfactoren zijn vervolgens de benuttingbalansen opgesteld. Ten slotte zijn de uitkomsten per subsector en voor de gehele glastuinbouwsector weergegeven.

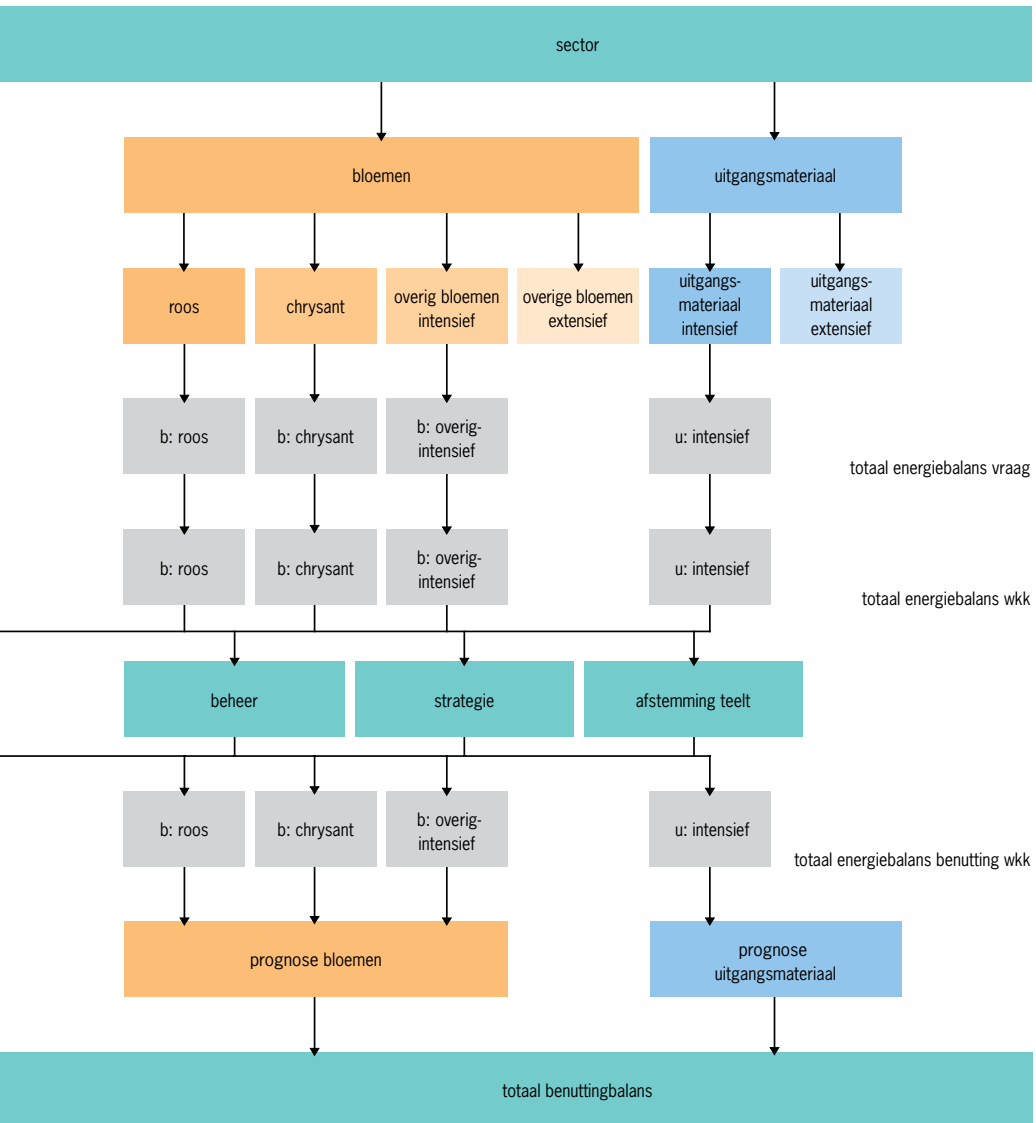
Figuur 2.7

Conceptueel raamwerk wkk-energiebalansen in de glastuinbouw

glastuinbouwsector



Bron: LEI.



2.7 UITGANGSPUNTEN

Enkele uitgangspunten (zie tabel 2.1) voor de invulling van het conceptuele raamwerk zijn na kwantitatieve en kwalitatieve toetsing aangevuld met de gemiddelde relatieve vermogens en de gemiddelde geplande draaiuren.

Tabel 2.5 geeft voor het areaal met wkk per gewasgroep inschattingen van het totale vermogen, het gemiddelde relatieve vermogen en het geplande aantal draaiuren per jaar.

Tabel 2.5		Belangrijkste uitgangspunten energiebalans wkk glastuinbouw (areaal met wkk) medio 2006			
Subsector	Gewasgroep	Totaal areaal	Vermogen	Gemiddeld relatief vermogen	Gemiddeld aantal draaiuren
-	-	ha	MW _{el}	W _{el} /m ²	uur/jaar
Groenten	tomaat	1.400	425	42,5	4.000
	paprika	1.250	275	37,5	3.500
	overig intensief	1.000	150	35,0	3.250
Bloemen	roos	750	300	50,0	4.500
	chrysant	575	125	35,0	4.000
	overig intensief	575	100	35,0	3.750
Potplanten	bloeiend intensief	600	100	35,0	3.750
	groen intensief	500	100	35,0	3.750
	intensief	300	100	40,0	3.750
Uitgangsmateriaal					
Totaal		6.950	1.675		

Uit deze tabel valt af te leiden (vermogen gedeeld door gemiddeld relatief vermogen) dat in 2006 op zo'n 40% van het areaal glas warmtekrachtkoppeling aanwezig was. Per gewasgroep is vervolgens de warmtebenutting bepaald op basis van de volgende invloedsfactoren:

- afstemming teelt-/productieplan;
- beheerverantwoordelijkheid;
- inpassing elektrisch;
- inpassing thermisch;
- inpassing CO₂;
- strategie en aansturing;
- vermogen (relatief; uitgedrukt in bijvoorbeeld W_{el}/m²).

De invloed van deze invloedsfactoren is gekwantificeerd door vermenigvuldiging van de tijd en het betreffende vermogen. Deze berekeningen zijn per gewasgroep gemaakt en vervolgens vermenigvuldigd met het areaal van de gewasgroep.

Voorbeeld: Gebruik tafelkoeler voor laagwaardige warmte in gewasgroep X

- Gewasgroep X heeft in totaal $250 \text{ MW}_{\text{el}}$

- Per MW_{el} $0,2 \text{ MW}_{\text{th}}$

- 20% van de gebruikers in gewasgroep X

- Gemiddeld gebruik 5 zomerweken

- Gemiddelde draaiuren zomerweken 80 uur/per week

Totale lozing aan warmte: $250 \times 0,2 \times 20\% \times 5 \times 80 = 4.000 \text{ MW}_{\text{th}}/\text{jaar}$

(circa $450.000 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$)

Resultaten



3.1 PROGNOSE ENERGIEBALANSEN WARMTEKRACHTKOPPELING GLASTUINBOUW

3

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het onderzoek. Rekening houdend met het gebruiksrendement en verschillen in de technische staat is de gemiddelde productie van wkk's vastgesteld (figuur 2.11). Gebruikmakend van het conceptuele raamwerk (paragraaf 2.6) zijn met behulp van de kwantitatieve bronnen energiebalansen opgesteld die een prognose geven van de energiestromen van wkk's in de gewasgroepen voor de situatie medio 2006. Bundeling hiervan leidt tot een prognose van de totale energiebalans van wkk in de glastuinbouw. Het is belangrijk vooraf te melden dat de balansen gemaakt zijn op de onderwaarde van aardgas en dat toegepaste condenswarmte is opgenomen in de benutbare warmte.

Op basis van de situatie medio 2006 was het totale aardgasverbruik van wkk's in de glastuinbouw circa 1,9 miljard m³ per jaar. Hiermee werd circa 6,5 miljard kWh elektriciteit geproduceerd en 0,9 miljard a.e. warmte.

Tabel 3.1

Energiebalans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren (medio 2006)

Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte
-	m ³ x10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	a.e.x10 ⁶ /jaar
Groenten	896	3.150	438
Bloemen	633	2.225	309
Potplanten	213	750	104
Uitgangsmateriaal	107	375	52
Totaal glastuinbouw	1.848	6.500	903

Tabel 3.2

Energiebalans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren in dezelfde eenheid

Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte	Technisch niet benutbaar
-	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar
Groenten	7.875	3.150	3.938	788
Bloemen	5.563	2.225	2.781	556
Potplanten	1.875	750	938	188
Uitgangsmateriaal	938	375	469	94
Totaal glastuinbouw	16.250	6.500	8.125	1.625

3.2 PROGNOSE BENUTTINGBALANSEN WARMTEKRACHTKOPPELING GLASTUINBOUW

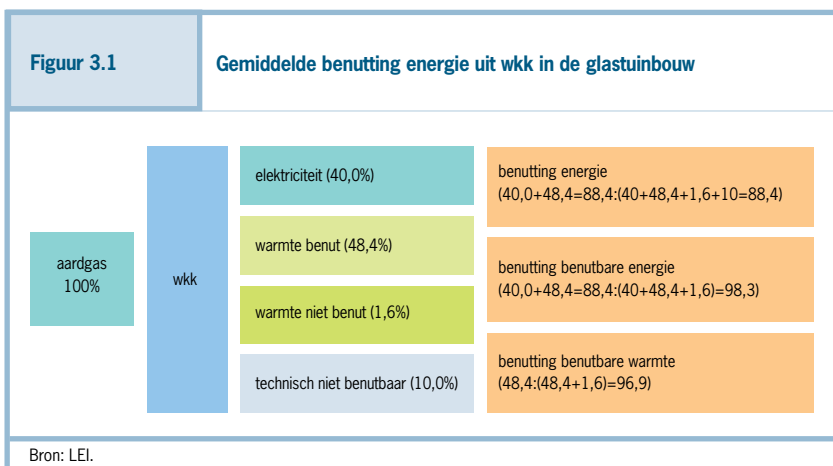
Elektriciteit wordt volledig benut door eigen toepassing en/of verkoop. Warmte wordt bijna geheel benut. De tabellen 3.3, 3.4 en 3.5 geven prognoses van de energiebenutting. Bij de bepaling hiervan is gebruikt gemaakt van de factoren die in paragraaf 2.4 zijn behandeld.

Tabel 3.3 Energiebenuttingsbalans wkk in de glastuinbouw en subsectoren				
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte benut	Warmte niet benut
-	m ³ x10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	a.e.x10 ⁶ /jaar	a.e.x10 ⁶ /jaar
Groenten	896	3.150	425	13
Bloemen	633	2.225	299	10
Potplanten	213	750	102	2
Uitgangsmateriaal	107	375	50	3
Totaal glastuinbouw	1.848	6.500	875	28

Tabel 3.4 Energiebenuttingsbalans wkk in de glastuinbouw en subsectoren in dezelfde eenheid					
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte benut	Warmte niet benut	Niet benutbaar
-	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar	kWhx10 ⁶ /jaar
Groenten	7.875	3.150	3.821	117	788
Bloemen	5.563	2.225	2.689	92	556
Potplanten	1.875	750	915	22	188
Uitgangsmateriaal	938	375	446	23	94
Totaal glastuinbouw	16.250	6.500	7.870	255	1.625

Tabel 3.5 Benutte energie wkk in de glastuinbouw en subsectoren			
Subsector	Benutting ten opzichte van brandstof (aardgas) (%)	Benutting ten opzichte van benutbare energie (%)	benutting ten opzichte van benutbare warmte (%)
Groenten	88,5	98,3	97,0
Bloemen	88,3	98,2	96,7
Potplanten	88,8	98,7	97,6
Uitgangsmateriaal	87,5	97,2	95,0
Totaal glastuinbouw	88,4	98,3	96,9

In figuurvorm zijn de uitkomsten als volgt weer te geven:



De warmte wordt dus voor het overgrote deel benut. Aangezien de kostprijs van elektriciteit uit wkk zonder warmtebenutting vrijwel altijd boven de marktprijs ligt, zijn deze benuttinggraden ook te verklaren vanuit bedrijfseconomische invalshoek.

De warmtebenutting in de subsector groente ligt iets onder het gemiddelde. Sommige bedrijven (voornamelijk paprika) met hoge relatieve wkk-vermogens in combinatie met rookgasreiniging hebben beperkte mogelijkheden om laagwaardige warmte jaarrond volledig af te zetten.

Veel bloemen- en potplantenbedrijven zetten wkk voornamelijk in voor belichting en kunnen laagwaardige warmte goed afzetten. Dit verklaart hun bovengemiddelde benutting. Dit geldt in principe ook voor de sector uitgangsmateriaal. Door de complexe afstemming met de gewenste teeltplanning (bezet areaal) halen deze bedrijven echter een lagere benutting.

Een inschatting van de benutting van hoogwaardige en laagwaardige warmte is weergegeven in tabel 3.6.

Tabel 3.6		Energiebenutting wkk in de glastuinbouw en de subsectoren			
Subsector	Warmte benutbaar (hoogwaardig)	Warmte benut (hoogwaardig)	Benutbaar (laagwaardig)	Warmte benut (laagwaardig)	
-	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	
Groenten	394	389	44	36	
Bloemen	278	272	31	27	
Potplanten	94	92	10	9	
Uitgangsmateriaal	47	45	5	4	
Totaal glastuinbouw	813	799	90	76	
Aandeel		98,3 %		83,7 %	

Van de hoogwaardige warmte wordt meer dan 98% benut van de laagwaardige warmte meer dan 83%. Omdat moeizame afstemming van de warmteproductie en -vraag gedurende slechts enkele weken per jaar plaatsvindt is de warmtebenutting hoog. Bij knelpunten bij het gebruik van warmte, betreft het vaak laagwaardige warmte.

Nota bene: laagwaardige warmte betreft circa 10 tot 20% van de totaal aan benutbare warmte.

Omwille van de actualiteit en de prominente positie van wkk is een voorlopige schatting gemaakt van de kwantitatieve uitkomsten per begin 2008 (zie bijlage 3). De procentuele uitkomsten voor energiebenutting wijken niet veel af van de getoetste waarden van medio 2006. De volumestromen zijn aanzienlijk groter door toename van het wkk-vermogen in deze periode.

3.3 BEHANDELING ONDERZOEKSVRAGEN

Met het kader, de achtergronden en de balansprognoses zijn de overige onderzoeksvragen te beantwoorden (zie 3.2 en 3.3).

Wat zijn de toepassingsvarianten van wkk in de glastuinbouw?

De verschillen tussen wkk's in de glastuinbouw zijn geïnventariseerd. De toepassingsvariant wordt vooraf bepaald door de beheersvorm en de technische inpassing. De beheersvorm bepaalt wie de wkk aanstuurt (de ondernemer, de ondernemer als onderdeel van een cluster of een derde partij, zoals een energiebedrijf).

De technische inpassing bepaalt of een wkk elektriciteit aan het net kan leveren, bruikbare rookgassen kan produceren en warmte voor de teelt kan aanbieden.

De meest voorkomende toepassingsvariant is een wkk in eigen beheer gekoppeld aan het net. De aandelen van wkk's in eilandconfiguratie en van exploitatie door derden nemen af.

Welke technische, organisatorische en economische factoren bepalen de toepassingsvariant?

Van de zeven behandelde invloedsfactoren op de energiebenutting van wkk in de glastuinbouw zijn drie factoren het meest bepalend. De eerste belangrijke factor is de inpassing en benutting van laagwaardige warmte. Laagwaardige warmte is een belangrijke factor, omdat deze beperkt opgeslagen kan worden en enkele bedrijven beperkte mogelijkheden hebben om laagwaardige warmte jaarrond nuttig aan te wenden. Een andere belangrijke factor is het relatieve vermogen. Een hoog relatief vermogen bemoeilijkt in sommige gevallen het realiseren van de gewenste draaiuren en de afstemming op de warmtevraag lastig.

Tenslotte kunnen factoren inzake teeltplanning een negatief effect hebben op de

benutting. Voorbeelden hiervan zijn een onvolledige bezetting van het teeltoppervlak en behoefte aan belichting bij een beperkte warmtevraag.

Onderlinge relaties tussen de factoren kunnen problemen met de energiebenutting verminderen of versterken. Vooral de wijze van CO₂ doseren heeft veel invloed op de afstemming van het warmtebeheer.

Gebleken is dat energie van wkk's in eigen beheer van de tuinbouwondernemer beter wordt benut.

Hoe wordt wkk-warmte op glastuinbouwbedrijven toegepast?

Bij wkk komt er op diverse plaatsen in de installatie warmte beschikbaar. Deze warmte wordt op twee of drie temperaturniveaus (één hoogwaardig en één of twee laagwaardig) aangeboden aan het verwarmingsstelsel van het bedrijf.

Via het verwarmingsstelsel worden de kassen verwarmd. Hierbij zijn circuits in gebruik voor hoogwaardige en laagwaardige warmte. Aanbod van hoogwaardige warmte kan, in beperkte hoeveelheden, los van de vraag plaatsvinden door toepassing van warmwateropslagtanks.

Wat is rol van de actuele energiemarkt bij het gebruik van wkk?

De ondernemer moet keuzes maken over de meest efficiënte inzet van productiefactoren voor de teelt. De fysieke installatie op het bedrijf en de afspraken met het energiebedrijf bepalen het kader waarbinnen de ondernemer moet laveren om het kasklimaat optimaal en de energiekosten zo laag mogelijk te houden.

Keuzes die de ondernemer maken kan, zijn:

- Op welk moment van de dag is inzet van welke energiebron het meest passend en kostenefficiënt?
- Wat zijn de mogelijkheden binnen de energiecontracten om in te spelen op actuele ontwikkelingen op de aardgas- en elektriciteitsmarkt?
- Is het zinvol om hoeveelheden in te kopen of te verkopen energie voor langere termijn vast te leggen of juist variabel te laten?

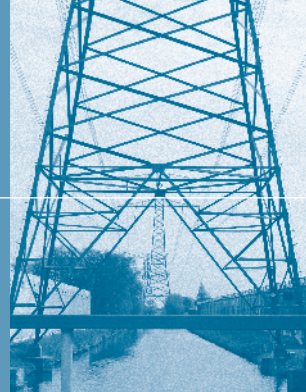
Deskundigen en kwekers met wkk geven aan dat glastuinbouwbedrijven de productiefactoren warmte, elektriciteit en CO₂ dikwijls uit meerdere bronnen beschikbaar hebben. Ook is aangegeven dat steeds meer gebruikers van wkk op eigen risico, ondersteund door deskundigen, gebruik maken van de kansen die de handelsplatforms van de energiemarkt bieden en de bijkomende risico's afdekken of incalculeren. Voor de benutting van energie kan dit effect hebben door extra start en stop momenten, echter zal uit machinebehoud de ondernemer dit tot een minimum proberen te beperken. Hiernaast zullen deze optimalisatiestappen voornamelijk genomen worden door grote bedrijven met de efficiëntere wkk's, omdat bij kleinere vermogens de insteek aan arbeid te groot is.

Bij geplande inzet van wkk is warmtebenutting een essentiële voorwaarde om verkoop van elektriciteit rendabel te maken. Dit blijkt uit de gemaakte kostprijs analyse.



Rookgasreiniger wk-installatie

Conclusies



4.1 CONCLUSIES

Op basis van het onderzoek 'Energiebenutting Warmtekrachtkoppeling van de Nederlandse Glastuinbouw' kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

Energiebalans

Op basis van de situatie medio 2006 was het totale aardgasverbruik van de gezamenlijke wkk's in de glastuinbouw circa 1,8 miljard m³ per jaar. Hiermee werd 6,5 miljard kWh elektriciteit en 0,9 miljard a.e. warmte geproduceerd. Deze balans wordt gerealiseerd op circa 40% van het areaal met glas.

Uit voorlopige cijfers van begin 2008 blijkt dat het vermogen sterk toegenomen is. Het gasverbruik neemt hierdoor naar verwachting toe tot 2,6 miljard m³; de elektriciteitsproductie circa 9,3 miljard kWh en de warmteproductie circa 1,3 miljard a.e. en de energiebenutting ongeveer gelijk blijft.

Energiebenutting

De glastuinbouwsector past gemiddeld 96% van de warmte uit wkk nuttig toe. Voor subsectoren en gewasgroepen varieert dit van 95 tot 98%. Het aandeel niet benutte, maar van oorsprong benutbare warmte, bestaat voornamelijk uit laagwaardige warmte. Alle elektriciteit geproduceerd door warmtekrachtkoppeling wordt aangewend voor eigen installaties of verkocht en dus volledig benut.

Invloedsfactoren warmtebenutting

Van de zeven behandelde factoren met invloed op de energiebenutting van wkk in de glastuinbouw zijn drie factoren het meest belangrijk:

- 1) De inpassing en benutting van laagwaardige warmte, die slechts beperkt kan worden opgeslagen. Enkele bedrijven kunnen laagwaardige warmte niet in elk seizoen volledig benutten.
- 2) Het relatieve vermogen. Een hoog relatief vermogen bemoeilijkt in sommige gevallen het realiseren van de geplande draaiuren en de afstemming op de warmtevraag.

3) De teeltplanning kan een negatief effect hebben op de benutting, bijvoorbeeld door onvolledige bezetting van het teeltoppervlak of behoefte aan belichting bij een beperkte warmtevraag.

Onderlinge relaties tussen de factoren kunnen de energiebenutting verminderen of versterken. Vooral de wijze van CO₂ doseren beïnvloedt de afstemming van het warmtebeheer. Warmte van wkk's in eigen beheer wordt beter benut dan warmte van wkk's in beheer bij derden.

Toepassingsvarianten

De meest voorkomende toepassingsvariant is een wkk in eigen beheer gekoppeld aan het net. De aandelen van wkk's in eilandconfiguratie en exploitatie door derden nemen af.

Rol Energiemarkt

Bij geplande inzet van wkk is warmtebenutting een essentiële voorwaarde om de verkoop van elektriciteit rendabel te maken. Meer dan 80% van de bedrijven met wkk is gekoppeld aan het net en stemt elektriciteitslevering met behulp van automatisering af op de bedrijfsvoering.

4.2 DISCUSSIE, KENNIS- EN GEGEVENSHIATEN, AANBEVELINGEN EN VERVOLGSTAPPEN

Het onderzoek is uitgevoerd als bureaustudie. Het is uitgevoerd zonder metingen van fysieke energiestromen op glastuinbouwbedrijven met warmtekrachtkoppeling. Metingen van warmtestromen op bedrijfsniveau zullen meer nauwkeurige informatie opleveren. Omdat meten een complexe, uitgebreide en tijdrovende activiteit is en resultaten op korte termijn gewenst waren, is gekozen voor een bureaustudie.

Aangezien warmtekrachtkoppeling een belangrijke plaats inneemt in het energiebeheer van de glastuinbouw en hiermee een groot effect heeft op de invulling van maatschappelijke doelen is een structurele, sectorbrede informatiebron gewenst in combinatie met belichting, wat op glastuinbouwbedrijven het belangrijkste gebruiksdoel is voor elektriciteit.

Gegevens over warmtekrachtkoppeling op glastuinbouwbedrijven worden sinds 2006 eens per twee jaar in bescheiden vorm meegenomen in de landbouwtelling van het CBS. Aanbevolen wordt dit te continueren en te combineren met gegevens over belichting.

Informatie over wkk-varianten, installatietoepassing en energiebenutting is per gewasgroep ingewonnen bij glastelers met warmtekrachtkoppeling.

Voor een structurele informatiebron inzake wkk in de glastuinbouw zijn twee koppelingen met andere informatie belangrijk.

De eerste is een analyse van de actualiteit in de glastuinbouw (bijvoorbeeld buitenklimaat, energiebeheer, nieuwbouw).

Ten tweede is een analyse van de energiemarkt van groot belang om uitkomsten op waarde te kunnen schatten (aardgas, elektriciteit, prijsverloop, dag- en termijnmarkten, contractvormen, en dergelijke).

Het is van belang deze zaken jaarlijks te volgen vanwege de discussies over energiebesparing en emissiebeperking.

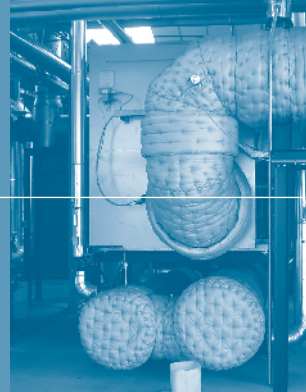


Openbaar elektriciteitsnet



Verdeelstuk warmte

Eenheden en definities



Eenheden

- W eenheid van vermogen (W_{el} elektrisch vermogen, W_{th} thermisch vermogen)
- J eenheid van energie
- kWh afgeleide eenheid van energie gelijk aan 3.600.000 Joule
- m³ kubieke meter aardgas Groningen kwaliteit
- a.e. aardgasequivalent; hoeveelheid warmte gelijk aan de verbranding van 1 m³ aardgas Groningen kwaliteit bij een ketelrendement van 90% bovenwaarde

Definities

Glastuinbouwsector

Het geheel aan areaal met productie van gewassen onder glas. Deze sector is te verdelen in productieglastuinbouw en uitgangsmateriaaltoeleverancier.

Intensieve teelt

In dit onderzoek is intensieve teelt gedefinieerd als teelt met een totale energievraag groter dan 20 kubieke meter aardgasequivalenten per vierkante meter kas per jaar.

Decentrale warmtekrachtkoppeling

Een of meerdere gasmotoren die op of nabij een glastuinbouwbedrijf staan ten behoeve van het bedrijf.

Benutbare energie wkk

Het totaal van de aanwendbare elektrische energie en warmte (van hoge en lage temperatuur).

Technisch niet benutbare energie

Het totaal aan technisch niet-aanwendbare energie. Dit omvat onder andere stralingwarmte en trilling van de gasmotor zelf en de gekoelde rookgassen.

Gespecificeerde rendementen wkk

Het rendement dat door de leverancier van de wkk is opgegeven. Dit is de verhouding tussen de gegenereerde elektriciteit, hoogwaardige warmte of laagwaardige warmte ten opzichte van de brandstof.

Gebruiksrendementen wkk

Dit is het rendement onder praktijkomstandigheden; de verhouding tussen de aangewende elektriciteit en hoog-/laagwaardige warmte ten opzichte van de brandstof. Deze liggen door de praktijkomstandigheden meestal lager dan het gespecificeerde rendement door verliezen als gevolg van onder andere starts en stops, afkoeling en staat van onderhoud.

Verbrandingswaarde

Onderste verbrandingswaarde is de energie na verbranding zonder onttrekking van de condensatiewarmte uit de rookgassen, in wkk bijvoorbeeld:

1 m³ ($\pm 8,8$ kWh) geeft $\pm 3,5$ kWh elektriciteit, $\pm 4,4$ kWh warmte en $\pm 0,9$ kWh niet benutbaar.

Eiland configuratie

Een wkk in eilandconfiguratie is niet gekoppeld aan het openbare elektriciteitsnet. Eilandconfiguraties zijn afgestemd op de elektriciteitsvraag op het bedrijf, doorgaans voor groeilicht; vrijkomende warmte wordt direct toegepast of opgeslagen voor latere aanwending.

Netparallel configuratie

Een wkk in netparallel configuratie staat in verbinding met de elektrische installatie van het bedrijf en met het openbare elektriciteitsnet. Is de wkk in bedrijf en overstijgt de bedrijfsvraag het aanbod van zelf opgewekte elektriciteit, dan voedt het net het restant (inkoop). Is de elektriciteitsproductie groter dan de bedrijfsvraag, dan levert de wkk via het openbaar elektriciteitsnet (verkoop).



Literatuur

Velden, N.J.A., Van der en P.X. Smit,
Energiemonitor van de glastuinbouw 2000-2006,
Rapport 2.07.15. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2007.

Cogen Projects,
WKK in de glastuinbouw; Nieuwsbrief Cogen Projects,
Driebergen, Januari/April/Juli/Okttober 2007.

Bakker, R., A.P. Verhaegh en N.J.A. van der Velden,
Intensivering in de glastuinbouw.
LEI-DLO, Den Haag, mededeling 621, 1998.

Verhoeven, A.T.M., F.L.K. Kempkes en N.J.A. van der Velden,
Warmte/kracht-installaties in de glastuinbouw; gebruiksrendementen en dekkingsgraden;
publicatie 4.137. LEI-DLO, Den Haag, 1995.

Leeuwen, R.C.L. van en N.J.A. van der Velden,
Het gebruik van warmte/krachtinstallaties in de glastuinbouw - Een inventarisatie,
LEI-DLO, Den Haag, publicatie 4.137, 1992.

Verhoeven, A.T.M., A.P. Verhaegh en N.J.A. van der Velden,
Levering van warmte aan glastuinbouwbedrijven,
LEI-DLO, Den Haag, mededeling 563, 1996.

Cogen Projects,
CO₂-bemesting met rookgassen van W/K-gasmotoren,
Driebergen, 2003.

Ministerie van VROM (i.s.m. Ministeries van EZ, LNV, VWS, BZ, F),
Nieuwe energie voor het klimaat, werkprogramma 'Schoon en zuinig',
Den Haag, 2007.

Productschap Tuinbouw en Ministerie van LNV,
'Kas als energiebron: Jaarplan 2007',
Zoetermeer, 2006.

Bronnen

Landbouwtelling Centraal Bureau van de Statistiek (CBS)

Tuinbouwbedrijven van verschillende gewastypen met warmtekrachtkoppeling

Cogen Projects

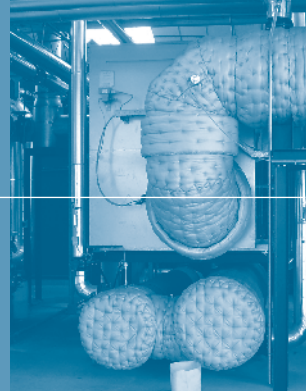
Leveranciers van gasmotoren, energie en energiediensten

Bedrijven-Informatienet (LEI)

Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw (LEI)

Bijlage 1

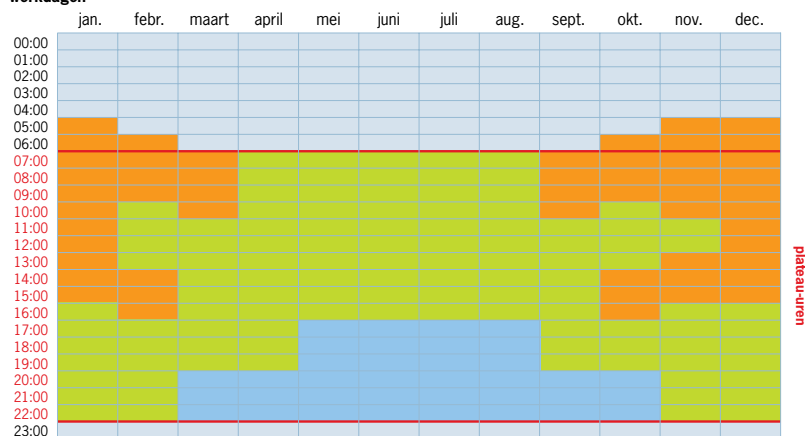
Voorbeeld inzet van WKK



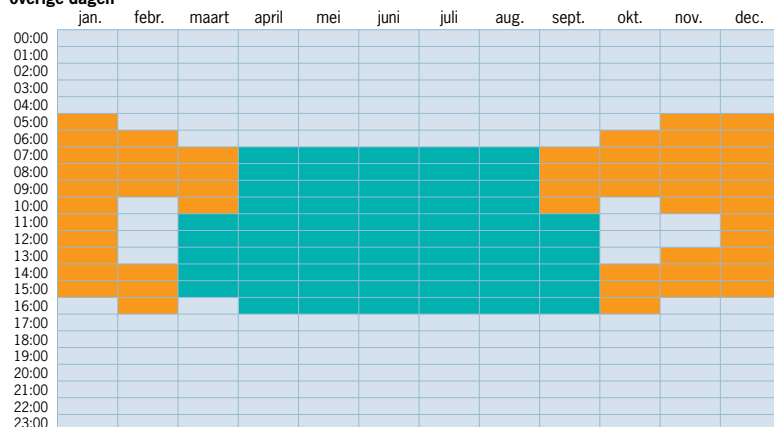
Figuur B.1

Jaarplan inzet van wkk op een voorbeeldbedrijf belichte teelt

werkdagen



overige dagen



- Eigen toepassing > 90% (belichting) +/- 1.600 uur per jaar
- Teruglevering plateau (plan: met en zonder vraag naar CO₂ / rookgassen) +/- 1.550 uur per jaar
- Teruglevering dal (plan: enkel tijdens vraag CO₂ / rookgassen) +/- 500 uur per jaar
- Plateau ■ Dal +/- 4.550 uur per jaar

Bron: LEI.

Bijlage 2

Energiebalansen met voorlopige cijfers begin 2008



Vanwege de sterke opmars van wkk in de glastuinbouw zijn voorlopige gegevens en inzichten verzameld voor de situatie begin 2008. Ondanks verschuivingen in areaal en vermogen komen de onderstaande resultaten sterk overeen met die van medio 2006.

De groei in het vermogen en de absolute energiestromen die met warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw gepaard onderschrijven de belangrijke plaats in het maatschappelijk debat.

Tabel B2.1 Belangrijkste uitgangspunten energiebalans wkk glastuinbouw (areaal met wkk) op basis van voorlopige cijfers begin 2008					
Subsector	Gewasgroep	Totaal areaal	Vermogen	Gemiddeld relatief vermogen	Gemiddeld aantal draaiuren
-	-	in ha	in MW _{el}	in Wel/m ²	in uur/jaar
Groenten	tomaat	1.450	600	52,5	4.000
	paprika	1.275	400	45,0	3.500
	overig intensief	1.050	275	40,0	3.250
Bloemen	roos	750	350	52,5	4.500
	chrysant	575	175	37,5	4.000
	overig intensief	575	175	37,5	3.750
Potplanten	bloeiend intensief	675	200	37,5	3.750
	groen intensief	475	125	35,0	3.750
Uitgangsmateriaal	intensief	300	125	42,5	3.750
Totaal		7.125	2.425		

Tabel B2.2 Energiebalans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren (op basis van voorlopige cijfers begin 2008)			
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte
-	in m ³ /jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶
Groenten	1.302	4.694	636
Bloemen	818	2.931	400
Potplanten	341	1.219	167
Uitgangsmateriaal	133	469	65
Totaal glastuinbouw	2.594	9.313	1.268

Tabel B2.3 Energiebalans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren in gelijke eenheden (op basis van voorlopige cijfers begin 2008)				
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte	Technisch niet benutbaar
-	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶
Groenten	11.448	4.694	5.724	1.030
Bloemen	7.189	2.931	3.595	663
Potplanten	3.001	1.219	1.501	282
Uitgangsmateriaal	1.172	469	586	117
Totaal glastuinbouw	22.811	9.313	11.405	2.093

Tabel B2.4 Energiebenutting balans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren op basis van voorlopige cijfers begin 2008				
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte benut	Warmte niet benut
-	in m ³ /jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶
Groenten	1.302	4.694	615	22
Bloemen	818	2.931	386	14
Potplanten	341	1.219	162	5
Uitgangsmateriaal	133	469	62	3
Totaal glastuinbouw	2.594	9.313	1.225	43

Tabel B2.5 Energiebenutting balans wkk in de glastuinbouw en de subsectoren in gelijke eenheden op basis van voorlopige cijfers begin 2008					
Subsector	Aardgas	Elektriciteit	Warmte benut	Warmte niet benut	Niet benutbaar
-	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶	in kWh/jaarx10 ⁶
Groenten	11.448	4.694	5.531	193	1.030
Bloemen	7.189	2.931	3.472	123	663
Potplanten	3.001	1.219	1.459	42	282
Uitgangsmateriaal	1.172	469	557	29	117
Totaal glastuinbouw	22.811	9.313	11.018	387	2.093
Aandeel (%)		40,8	48,3	1,7	9,2

Tabel B2.6 Benutte energie wkk in de glastuinbouw en de subsectoren (op basis van voorlopige cijfers begin 2008) (%)			
Subsector	Benutting ten opzichte van brandstof (aardgas)	Benutting ten opzichte van benutbare energie	Benutting ten opzichte van benutbare warmte
Groenten	89,3	98,1	96,6
Bloemen	89,1	98,1	96,6
Potplanten	89,2	98,5	97,2
Uitgangsmateriaal	87,5	97,2	95,0
Totaal glastuinbouw	89,1	98,1	96,6

Tabel B2.7		Energiebenutting wkk in de glastuinbouw en de subsectoren (op basis van voorlopige cijfers begin 2008)		
Subsector	Warmte benutbaar (hoogwaardig)	Warmte benut (hoogwaardig)	Warmte benutbaar (laagwaardig)	Warmte benut (laagwaardig)
-	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶	in a.e./jaarx10 ⁶
Groenten	560	553	76	62
Bloemen	353	346	46	40
Potplanten	148	146	19	17
Uitgangsmateriaal	59	57	7	5
Totaal glastuinbouw	813	799	148	123

Bijlage 3

Toelichting energiemarkt



De energiemarkt is sinds de liberalisering voor middelgrote zakelijke gebruikers complex geworden. Op hoofdlijnen ziet deze er als volgt uit:

Elektriciteit

Alle transacties worden afgestemd via partijen (energiebedrijven) die zijn toegelaten op de verschillende handelsplatforms.

Termijnmarkt (OTC) - Zakelijke gebruikers kunnen elektriciteit in- en verkopen voor de lange (jaar) en middellange (kwartaal/maand) termijn. Afgestemde volumes en vermogens dienen nagekomen (afgenomen/geleverd) te worden. Dit noemt men Programma Verantwoordelijkheid. Biedingen vinden plaats met prijsvorming voor de termijn.

Dagmarkt (APX) - Via energiebedrijven kunnen zakelijke gebruikers ook elektriciteit in- en verkopen op de dagmarkt. Dit mechanisme werkt via een systeem van aanbieden, waarbij de hoogste inkooprijzen en laagste verkoopprijzen als eerste worden gehonoreerd.

Een dag van te voren worden de uurprijzen voor de volgende dag gevormd op het handelsplatform van de APX.

Onbalans en Intraday - Bedrijven kunnen ook op de dag zelf vermogen aanbieden of inkopen. Op deze markten de actuele vraag volgen, wordt de prijs gevormd op zeer korte termijn en kan deze erg grillig zijn. De gerealiseerde prijs is achteraf bekend en kan zowel positief als negatief zijn.

Overigen - Energiebedrijven bieden eigen contractvarianten aan, die concurrerend kunnen zijn door afstemming van vraag en aanbod binnen het klantenbestand op die van de Nederlandse markt. Deze contracten hebben vaak minder strikte voorwaarden qua volumes en vermogens. Aan de andere kant kunnen de deelnemers met deze contracten minder flexibel of in het geheel niet inspelen op de actuele markt.

Aardgas

Alle transacties worden afgestemd via partijen (energiebedrijven) die zijn toegelaten op de verschillende handelsplatforms.

Aardgas wordt hoofdzakelijk via termijncontracten ingekocht. Contractuele afspraken begrenzen de volumes en vermogens die afgenomen kunnen worden.

Prijsvorming vindt plaats op twee markten. De gebruiker betreft het gas van een van deze twee. Dit zijn de Noordwest Europese markt (TTF) en de Nederlandse markt (Gasterra).

Op dit moment komen er varianten waarbij men ook in staat is extra gas in te kopen of te verkopen via een termijnmarkt (handelsplatform). Er is ook belangstelling voor contractvormen met prijsvorming op basis van de actuele landelijke vraag, in plaats van lange termijnafspraken.

Sparksread

De sparksread is de marge tussen de prijs van de brandstof en de prijs van het product elektriciteit. Om risico te beperken leggen de meeste exploitanten een volume aardgas vast met een prijs tegelijk met het vastleggen van het volume te verkopen elektriciteit. Hiermee zijn ze verzekerd van een marge.

CO₂

Bij de groei van het gewas is CO₂ in het kasklimaat een belangrijke factor. Deze CO₂ wordt verkregen uit verbranding van aardgas (ketel/wkk) of via levering door derden. Fysieke levering van CO₂ aan glastuinbouwbedrijven is formeel niet gekoppeld aan de energiemarkt. Wel heeft de prijsvorming grote invloed op de afweging van ondernemers hoe zij het energieplaatje invullen.

Op enkele locaties (onder andere Zuid-Hollands glasdistrict) is centraal CO₂ beschikbaar, op alle andere locaties kan men per as (tankauto) zuivere CO₂ laten bezorgen. Ook bieden sommige centrales restwarmte (Amercentrale, Rocacentrale) en CO₂ aan hun klanten aan.

Voor meer informatie: www.tennet.nl, www.endex.nl, www.apx.nl, www.gasterra.nl www.ocap.nl en diverse leveranciers van industriële gassen.

Het LEI ontwikkelt voor overheden en bedrijfsleven economische kennis op het gebied van voedsel, landbouw en groene ruimte. Met onafhankelijk onderzoek biedt het zijn afnemers houvast voor maatschappelijk en strategisch verantwoorde beleidskeuzes.

Het LEI is een onderdeel van Wageningen Universiteit en Researchcentrum. Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen de Social Sciences Group.

Meer informatie: www.lei.wur.nl

